

Radioanalysointisovellus

Joonas Yliriesto

Opinnäytetyö
Joulukuu 2014

Tietotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Yliriesto, Joonas	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 11.12.2014
	Sivumäärä 69	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: (X)
Työn nimi Radioanalysaattorisovellus		
Koulutusohjelma Tietotekniikan (Tietoverkkotekniikan) koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Kotikoski, Sampo Häkkinen, Antti		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän Ammattikorkeakoulu IT-Instituutti Väänänen, Olli		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Työn tavoitteena oli tehdä tapaustutkimus Anritsu MT8820-radioanalysaattorin soveltuvuudesta Jyväskylän ammattikorkeakoulun opetuskäyttöön ja analysointityökalun käytettävyyttä pyrittiin parantamaan uusille käyttäjille.</p> <p>Opinnäytetyö suoritettiin tapaustutkimuksen tavoin. Tutkittiin intensiivisesti tutkimuskohdetta ja sen takana olevia periaatteita. Oleelliset tiedot etsittiin, jos tarve jatkotutkimuksille ilmenee niin voidaan suorittaa jatkotutkimuksia. Teoriaosuudessa keskityttiin GSM-teknologiaan ja mittauksien teoriaan.</p> <p>Työ suoritettiin käyttäen MT8820A-analysaattorin etupaneelia sekä GPIB-väylää, jolloin mittauksia voitaisiin suorittaa tietokoneelta käsin ja mittaustulokset saataisiin tallennettua. Opinnäytetyön teokset koostuvat seuraavien harjoitusten luomisesta ja kehityksestä: Interferenssi-, teho- ja bittivirheharjoitus.</p> <p>Työn tuotoksien ansiosta analysaattoria voitaisiin hyödyntää GSM-perusteiden opetukseen. Luoduissa harjoituksissa pitää pohtia GSM-tehonsäätöä ja ymmärtää miksi tehonsäätöä tarvitaan sekä ymmärtää minkälaisia bittivirheitä tapahtuu. Laboratorioharjoituksissa siis pohditaan havaintoja ja selitetään teoriaa havaitun ilmentymän taustalla.</p>		
Avainsanat (asiasanat) GSM, 8PSK, GMSK, Modulaatio, Laboratorioharjoitukset		
Muut tiedot		



Author(s) Yliriesto, Joonas	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 11.12.2014
	Number of pages 69	Language of publication: Finnish
		Permission for web publication: (X)
Title Application for RF Analysis		
Degree Programme Information Technology		
Tutor(s) Kotikoski, Sampo Häkkinen, Antti		
Assigned by JAMK University of Applied Sciences Väänänen, Olli		
<p>Abstract</p> <p>This bachelor's thesis was assigned by JAMK University of Applied Sciences. The aim of this study was to explore the operation of the Anritsu MT8820A - Radio Communication Analyzer and to develop educational laboratory exercises for a Telecommunication course by implementing working exercises for the course that assist the usage of the analyzer.</p> <p>The thesis was performed as a case study, with intensive research in the subject area, and in the principles behind the theories. The theory element concentrates on GSM technology, and the fundamentals of measurement. The study creates and develops exercises in the areas of: Interference, Power and Bit Errors. The aim was to create pedagogically sound and functional exercises. Following on from this, the thesis explores further development options for future laboratory exercises.</p> <p>As a result of this research, the Telecommunication course will have access to working GSM exercises. Students will have the opportunity to learn how to explain different kinds of bit errors from measurement observations, learn how GSM power control operates, and to describe why it is needed.</p> <p>Students will be able to perform their own measurements and explain the theoretical background to them. The exercise guides were created for this purpose, recommendations for future improvement were also made.</p>		
Keywords/tags (subjects) GSM, 8PSK, GMSK, Modulation, Exercises		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	TYÖN LÄHTÖKOHDAT	8
1.1	Jyväskylän ammattikorkeakoulu	8
1.2	Tavoitteet ja tehtävät	8
1.3	Tapaustutkimus	9
2	TIETOPERUSTA	10
2.1	Global system for mobile communication	10
2.1.1	Mobiiliverkkojen historia	10
2.1.2	Verkko	12
2.1.3	Signalointi	12
2.1.4	Matkapuhelinkeskus	15
2.1.5	Tukiasemajärjestelmä	16
2.1.6	Hallintajärjestelmä	17
2.2	Mittauksien perusteet	17
2.2.1	Perusteet	17
2.2.2	Miksi suorittaa mittauksia	18
2.2.3	Lähettimet	19
2.2.4	Vastaanottimet	20
2.2.5	Mittausten juuret	20
2.3	GSM/EDGE BTS lähettimen mittaukset	21
2.4	General Purpose Interface Bus -liitäntä	25
2.4.1	Yleistä	25
2.4.2	Arkkitehtuuri	26
2.4.3	Käsky- ja dataviestit	26
2.4.4	GPB-osoitteistusprotokolla	27
3	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	29
3.1	Topologia	29
3.2	MT8820A Radio Communication Analyzer	29
3.2.1	Parameter-valikko	30
3.2.2	Fundamental-valikko	40
3.2.3	MS Report -valikko	46

	2
3.3 Keysight Technologies	47
3.3.1 Historia	47
3.3.2 82357B USB/GPIB Interface USB 2.0 -sovitin	47
4 POHDINTA.....	50
4.1 Johtopäätökset	50
4.2 Jatkokehitysmahdollisuudet	50
LÄHTEET	51
LIITTEET	54
Liite 1. Fundamental -valikko	54
Liite 2. Parameter –valikko	56
Liite 3. MS report –valikko.....	65
Liite 4. Etupaneelin selostus.....	66
Liite 5. MS Report –mittaukset.....	69
 Kuviot	
Kuvio 1. GSM ja OSI-mallin tasojen vertaus.....	13
Kuvio 2. GSM-signaaliointi	14
Kuvio 3. 8-PSK-konstellaatiodiagrammi.	18
Kuvio 4. In-channel, out-of-channel, out-of-band mittaukset	19
Kuvio 5. GMSK, vaihe- ja taajuusvirheen laskeminen	22
Kuvio 6. 8-PSK, EVM teoria, alkupistepoikkeama ja taajuuspoikkeama	23
Kuvio 7. GMSK, Vaihevirhe, keskimääräinen taajuusvirhe sekä raja-arvot	24
Kuvio 8. EVM (8-PSK), keskipistepoikkeama ja taajuuspoikkeama, BTS, raja-arvot	25
Kuvio 9. GPIB-osoitteistusprotokolla.	27
Kuvio 10. Topologia	29
Kuvio 11. Parameter-valikko	30
Kuvio 12. Block Error Rate-mittaus	32
Kuvio 13. Purskeaaltomuoto nousevalta reunalta.....	42

Kuvio 14. Aaltomuoto laskevalta reunalta.....	43
Kuvio 15. Aaltomuoto koko aikajaksolta.....	43
Kuvio 16. Aaltomuoto tietyltä aikaosuudelta.	44
Kuvio 17. GSM Fundamental –valikko.....	44
Kuvio 18. Modulaatioanalyysia	45
Kuvio 19. “Modulation” ja “Switching” -mittaukset Fundamental-valikossa	46
Kuvio 20. MS Report -valikko.	46
Kuvio 21. 82357B USB/GPIB Interface USB 2.0.....	47
Kuvio 22. Adapterin tilaselitykset.....	48
Kuvio 23. “Agilent Connection Expert”-hallinnointityökalu.....	49
Kuvio 24. MT8820A-analysaattoriin yhdistäminen	49
Kuvio 25. Etupaneelin oikea puoli	66
Kuvio 26. Etupaneelin vasen puoli	67
Kuvio 27. Etupaneelin liitännät	67
Kuvio 28. RJ45-liittimet tietoliikenteelle	68
TAULUKOT	
Taulukko 1. Pseudosatunnaiset modulaatiokuviot	34
Taulukko 2. Taajuuskaistojen tiedot	37
Taulukko 3. Fundamental-mittaukset	41
Taulukko 4. MS Report-mittaukset	69

LYHENTEET

3G	Third Generation. Kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmä.
3GPP	3rd Generation Partnership Project. Standardijärjestöjen-yhteistyöorganisaatio.
AICH	Acquisition Indication Channel. Fyysinen kanava, jolla kuljetetaan Acquisition Indicator viestiä, joka määrää ajoituksen ylälinkin PRACH-kanavalle.
ARFCN	Absolute radio-frequency channel number. Jokaisella radiokanavalla oleva uniikki numero.
AWGN	Additive White Gaussian Noise. Lähetykseen lisättävä kohina, jolla jäljitellään luonnon satunnaisuutta.
BCC	Base station Color Code. 3-bittinen koodi, jolla verkontarjoaja erittelee BS:t tietyn alueen sisällä.
BCCH	Broadcast Control Channel. Looginen kanava, jota käytetään verkon tiedoista kertomiseen. MS käyttää tietoja verkkoon pääsemiseen.
BER	Bit Error Rate. Bittivirheiden ja lähetettyjen bittien kokonaismäärän suhdeluku.
BLER	Block Error Rate. Virheellisesti vastaanotettujen resurssilohkojen määrä.
BPSK	Binary Phase Shift Keying. Modulaatiotekniikka, jossa kaksi tilaa.
BS	Base Station. Tukiasema.
BTS	Base Transceiver Station. Tukiasema.
CCH	Control Channel. Kanava, jolla kontrollointi hoidetaan.
CCIT	Comite Consultatif International TeleGraphique et Telephonique. Nykyisin tunnetaan ITU-T:nä.

CPICH	Common Pilot Channel. Alalinkin kanava, jolla yleislähetetään vakioteholla sekä tunnetulla bittisekvenssillä. Käytetään tunnistautumiseen BS:lle. Käytetään puhelinsiirrossa, soluvalinnassa, solun uudelleen valinnassa.
CRC	Cyclic Redundancy Check. Tarkistus ensimmäisille 50-bitille. Syklinen redundanssitarkistus. Sanoman perään liitettävä varmiste, joka muodostuu siirrettävän datan ja valitun polynomin jakojäännöksestä.
DFT	Discrete Fourier Transform. Diskreetti Fourier-muunnos.
DPCH	Dedicated Physical Channel. Erillinen kanava pelkästään omistettu kontrolloinnille. Sisältää kanavat: TPC, TFCI sekä DPDCH.
DPDCH	Dedicated physical data channel.
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution.
EVM	Error Vector Magnitude. Virhevektorivoimakkuus. Signaalin ideaalivektorin ja vastaanotetun signaalin vektorierotus.
FER	Hävinneiden ääninäytteiden määrä. Jos kehyksessä on virhe ensimmäisissä 50-bitissä niin ääninäyte hylätään (Class 1A biteissä).
FFT	Fast Fourier Transform. Nopea Fourier-muunnos
GMSK	Gaussian Minimum-shift keying. Modulaatiotekniikka.
GSM	Global System for Mobile Communications. Matkapuhelinjärjestelmä.
HS-PDSCH	High Speed Physical Downlink Shared Channel.
HS-SCCH	High Speed Shared Control Channel.
ITU	International Telecommunications Union.
ITU-R	International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector. Määrittelee maailmanlaajuisesti radiotaajuuksien käytön.

ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunications Standardization Sector. ITU:n elin, joka tuottaa standardeja ICT-järjestelmille.
MS / UE	Mobile Station. User Equipment. Laite, jolla on mahdollista ottaa yhteyttä radioverkkoon.
NCC	Network Color Code. 3-bittinen koodi, jolla MS erittelee verkontarjoajat.
OCNS	Orthogonal Channel Noise Simulator. Mekanismi, jolla luodaan useita kalibroituja testisignaaleja, jotka liitetään yhteen ja lähetetään alalinkille. Käytetään alalinkin kapasiteetin arvoimiseen.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Modulointitekniikka, jossa lähetetään tietoa useilla taajuuskanavilla yhtä aikaa.
P-CCPCH	Primary Common Control Physical Channel. Fyysinen kanava, jolla lähetetään synkronointi sekä yleislähetykset käyttäjille. Aina lähetetään samalla kanavakoodilla.
PICH	Paging Indicator Channel. Alalinkin fyysinen kuljetuskanava. Lähetetään koko solun yli. Käytetään ilmoittamaan UE:lle, että sille soitetaan.
PRACH	Physical Random Access Channel. Fyysinen kanava, jolla RACH toimii.
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying. Modulointitekniikka.
RACH	Mekanismi, jolla mobiililaitteet saavat BS:n huomion, jotta voidaan ruveta synkronoimaan yhteyttä BS:n kanssa.
RBER	Residual Bit Error Rate. Kehyshäviöiden jälkeen laskettava bittivirheiden ja lähetettyjen bittien kokonaismäärän suhdeluku. Lasketaan erikseen Class IB biteille (Kehyksen keskimmäiset 132 bittiä) ja Class II biteille (78 viimeistä bittiä).

S-CCPCH	Secondary Common Control Physical Channel. Fyysinen kanava, jolla yleislähetetään FACH viestejä sekä kuunnellaan MS hakulohkoja (paging blocks).
SCH	Synchronization Channel. BS:llä Alalinkin yleislähetyskanava, joka jakaa tarvittavia tietoja, jotta MS tunnistaa tukiasemat sekä kykenee synkronoitumaan niiden kanssa.
SNR	Signal to Noise ratio. Ilmoittaa signaalin tehon suhteessa kohinaan.
TCH	Traffic Channel. Kanava, jolla ääni ja data siirretään.
TFCI	Transport Format Combination Indicator. Sisältää siirtonopeustiedot.
TPC	Transmit Power Control. Käytetään lähetystehon ohjaukseen.
UMTS	Euroopan yleisin 3G-standardi.
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access. UMTS-verkkojen radiorajapinta. Mahdollistaa nopeamman pakettidatasiirron.

1 Työn lähtökohdat

1.1 Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Jyväskylän ammattikorkeakoulu on reilun 8000 opiskelijan korkeakoulu, jonka toimipisteet sijaitsevat Jyväskylässä sekä Saarijärven Tarvaalassa. Jyväskylän ammattikorkeakoulun yksiköitä ovat ammatillinen opettajakorkeakoulu, hyvinvointiyksikkö, liiketoiminta ja palvelutyksikkö sekä Teknologiayksikkö. (Tutustu ja menesty 2014.)

Jyväskylän ammattikorkeakoulu on määritellyt strategiansa viidelle painoalalle, joille ammattikorkeakoulu kehittää omaa osaamistaan ja kiinnittyy vahvasti alueen kehittämiseen. Jyväskylän ammattikorkeakoulun painoalat ovat:

- Uudistuva kilpailukyky
- Innovatiivinen oppiminen
- Kyberturvallisuus
- Perheiden hyvinvointi ja terveyden edistäminen
- Resurssiviisas biotalous

(mt.)

1.2 Tavoitteet ja tehtävät

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä tapaustutkimus MT8820A-analysaattorin soveltuvuudesta Jyväskylän ammattikorkeakoulun opetuskäyttöön. Tuotoksina piti tehdä laboratorioharjoitteiksi soveltuvia mittauksia käyttäen MT8820A-analysaattorin etupaneelia sekä GPIB-väylää, jolloin mittaustuloksia saataisiin suoraan hallinnointikoneelle. Lisäksi analysointityökalun käytettävyyttä pyrittiin alentamaan uusille käyttäjille.

Toimittaja määritteli MT8820A-analysaattorin käytettäväksi laitteeksi. Tavoitteena oli tehdä muutamia harjoituksia, jotka on havainnollistavia. Harjoituksiksi sovittiin laitteeseen tutustumisen jälkeen seuraavat: Interferenssi-, teho-, bittivirheharjoitus.

1.3 Tapaustutkimus

Case- eli tapaustutkimus on empiirinen tutkimus, jossa hankitulla tiedolla analysoidaan jotain tiettyä aihetta rajatussa ympäristössä. Tutkitaan siis intensiivisesti tutkimuskohdetta. Yleensä aihe koostuu monista yhdessä vaikuttavista asioista ja tarkoituksena on saada kokonaisvaltainen, seikkaperäinen ja tarkka kuvaus. Tapaustutkimukset ovat hyödyllisiä haluttaessa hyvää taustainformaatiota. Intensiivisen menetelmän ansiosta saadaan esille oleelliset tiedot, minkä jälkeen voidaan myöhemmin suorittaa jatkotutkimuksia. Tapaustutkimus on kuitenkin tutkijan oma tulkinta aiheesta ja saattaa sisältää henkilön kädenjäljen. (Case-tutkimus 2007.)

Aineiston keräämiseen pohjautuvan tapaustutkimuksen vaiheet:

- Määritellään tutkimuksen tavoitteet. Mikä on tutkimuksen kohde? Mitä erityisesti halutaan tutkia?
- Laaditaan tutkimuskohteet, lähdeaineisto sekä päätetään mitä tiedonkeruumenetelmää käytetään.
- Laaditaan tutkimussuunnitelma. Miten valitaan tutkimuskohteet? Mitä lähdeaineistoa on tarjolla? Mitä tiedonkeruumenetelmää käytetään?
- Kootaan aineisto.
- Järjestetään informaatio integroituneeseen muotoon, joka kuvaa tutkimuskohdetta. (mt.)

(Case-tutkimus 2007.)

2 Tietoperusta

2.1 Global system for mobile communication

2.1.1 Mobiiliverkkojen historia

Global System for Mobile Communication on maailmanlaajuisesti hyväksytty standardi digitaaliselle matkapuhelinkommunikoinnille. GSM-standardointiryhmä luotiin vuonna 1982, jotta saataisiin luotua yhteinen eurooppalainen mobiilistandardi. Ryhmän työnä oli määrittellä raamit yleiseuroopalliselle 900 MHz taajuudella toimivalle solumaiselle radioverkkojärjestelmälle. (Global System for Mobile Communication (GSM) 2003.)

Mobiiliverkon idea on käyttää vähätehoisia lähettämiä, jotta taajuuksia voidaan uudelleenkäyttää maantieteellisen alueen sisällä. Solupohjaisen mobiiliverkon idea keksittiin Yhdysvaltojen Bell Labs-tutkimus- ja kehitysorganisaatiossa 1970-luvun alkupuolella. Pohjoismaat kuitenkin tuottivat ensimmäisen kaupalliseen tarkoitukseen tulevan NMT (Nordic Mobile Telephone)-verkon vuonna 1981. (mt.)

Mobiiliverkot ilmaantuivat Yhdysvaltoihin AMPS-verkon (advanced mobile phone service) julkaisulla vuonna 1983. AMPS-standardin ottivat käyttöön Aasia, Latalainen Amerikka ja Oseania luoden suurimman potentiaalisen markkinapaikan mobiiliverkoille. (mt.)

1980-luvun alkupuolella verkot olivat analogisia eivät digitaalisia kuten nykyajan verkot. Analogisten verkkojen ongelma oli kyvyttömyys hallita kasvavan kapasiteetin tarvetta kustannustehokkaasti. Digitaalisten järjestelmien etu on pienempi tarve signaloinnille, vähemmän häiriöitä, lähetysten ja kytkennän integraatio sekä parempi kyky hallita kasvavaa kapasiteettia. (mt.)

Vuoden 1985 aikana perustettiin GSM-työryhmät 1 - 4, ja ne alkoivat määrittellä suosituksia CCIT:n ohjeiden mukaisesti. Ohjeet koostuvat yli sadasta suosituksesta,

jotka määrittivät spesifikaatioita radorajapinnoille ja perusrakenteelle sekä rajapinnat ja signaalointiprotokollat verkkojen välille. Järjestelmän tekniset perusominaisuudet saatiin määritettyä vuonna 1987, jolloin 13 eurooppalaista operaattoria allekirjoitti aiesopimuksen (MoU, Memorandum of Understanding). Sopimus määrittää verkkojen ja laitteiden toimitusajat sekä käyttöönoton, numerointi- ja reitityssuunnitelmat, laskutusperiaatteiden harmonisoinnin sekä tilitysmenetelmät. MoU on eräänlainen operaattoreiden ja laitevalmistajien yhteisymmärryssopimus. (Penttinen 1999.)

GSM-spesifiointityö siirtyi CEPT:n alaisuudesta ETSI-organisaation (European Telecommunications Standards Institute) alaisuuteen vuonna 1989. Ensimmäiset spesifikaatiot valmistuivat vuonna 1990. Spesifikaatiot sisälsivät yli 6000 kpl A4-paperiarkin verran tekstiä. Kaupalliseen käyttöön oli tarkoitus siirtyä vuonna 1991. (mt.)

Vuonna 1998 perustettiin usean standardointielimen muodostama ryhmittymä nimeltä 3GPP (Third Generation Partnership Project). 3GPP:n tavoitteena oli kehittää kolmannen sukupolven matkaviestinjärjestelmän standardeja. 3GPP:n toiminnassa mukana olivat mm. ARIB, ETSI, T1, TTA sekä TTC. (mt.)

UMTS Forum perustettiin vuonna 1996 keskustelufoorumiksi ideoiden vaihtoon UMTS-järjestelmään liittyen. Järjestö koostuu operaattoriesta, laitevalmistajista ja regulaattoreiden edustajista. Euroopan komissio osallistuu aktiivisesti järjestön toimintaan. (mt.)

Vuoden 1999 aikana ETSI-järjestön SMG-työryhmissä aloitettiin suuri uudelleenjärjestely. GSM-jatkokehitykseen liittyvä standardi jäi SMG-työryhmien huoleksi. Kolmannen sukupolven matkaviestintäjärjestelmän kehitystyö siirrettiin toisaalle. Matkapuhelinten tyyppihyväksyntälaitteisto viivästyi ja operaattorit kykenivät aloittamaan koeluontoisesti toimintansa vuoden 1991 aikana. Kokeilun aloittivat mm. Sonera ja Radiolinja. Verkkojen kaupallinen toiminta alkoi kasvaa vuoden 1992 aikana. (mt.)

YK:n alainen kansainvälinen teleliitto ITU jakautuu radio- (ITU-R) ja telealan (ITU-T) standardointiryhmiin. Kolmannen sukupolven järjestelmien kehitysnimi oli ITU:ssa

aluksi FPLMNTS (future public land mobile telecommunications system), joka myöhemmin vaihdettiin nimeksi IMT-2000 (international mobile telecommunications 2000). Se määrittää perusvaatimukset kolmannen sukupolven matkaviestintäjärjestelmille, joihin mm. UMTS kuuluu. (Penttinen 1999.)

2.1.2 Verkko

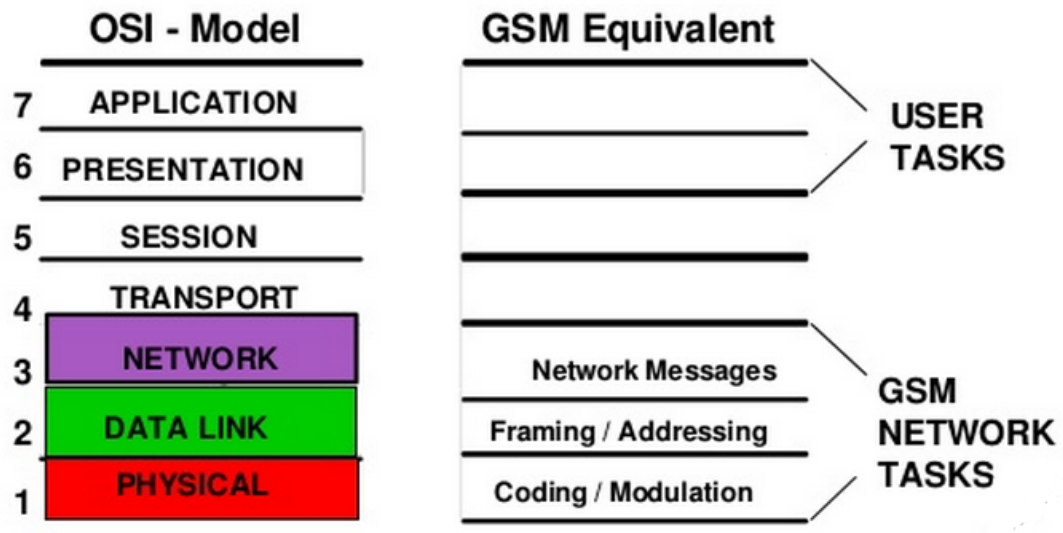
GSM-spesifikaatiot määrittelevät funktiot ja rajapinnan vaatimukset yksityiskohtaisesti, mutta eivät ota kantaa laitteistoon. Tarkoituksena on antaa suunnittelijoille vapaat kädet ja operaattorit voivat ostaa laitteistot eri valmistajilta. GSM-verkko jaetaan kolmeen eri alueeseen:

- KytKentäjärjestelmä (NSS, network and switching subsystem)
- Tukiasemajärjestelmä (BSS, base station subsystem)
- Hallintajärjestelmä (OSS, operation and support system). (Penttinen 1999.)

2.1.3 Signaointi

GSM-signaointi määrittää kommunikoinnin päätelaitteen ja verkon välillä. Signaointi pitää kuljettaa verkon yli ja ilmarajapinnan yli päätelaitteelle. Rajapinnat käyttävät moninaisia protokollia. GSM-signaointi perustuu OSI-malliin. MSC käyttää ITU:n kehittämää signaointijärjestelmää SS7 kaikelle sen signaoinnille. (Selvam 2012.)

OSI-malli käyttää kerroksia, jossa ainoastaan ensimmäinen taso eli fyysinen taso on yhteydessä fyysisesti toisiin laitteisiin. Viestit laitteiden välillä lähetetään ojentamalle ne alemmalle tasolle lähetystä varten. Kuviossa 1 nähdään GSM:n ja OSI-mallin vastaavat tasot. (mt.)



Kuvio 1. GSM ja OSI-mallin tasojen vertaus.

(Selvam 2012.)

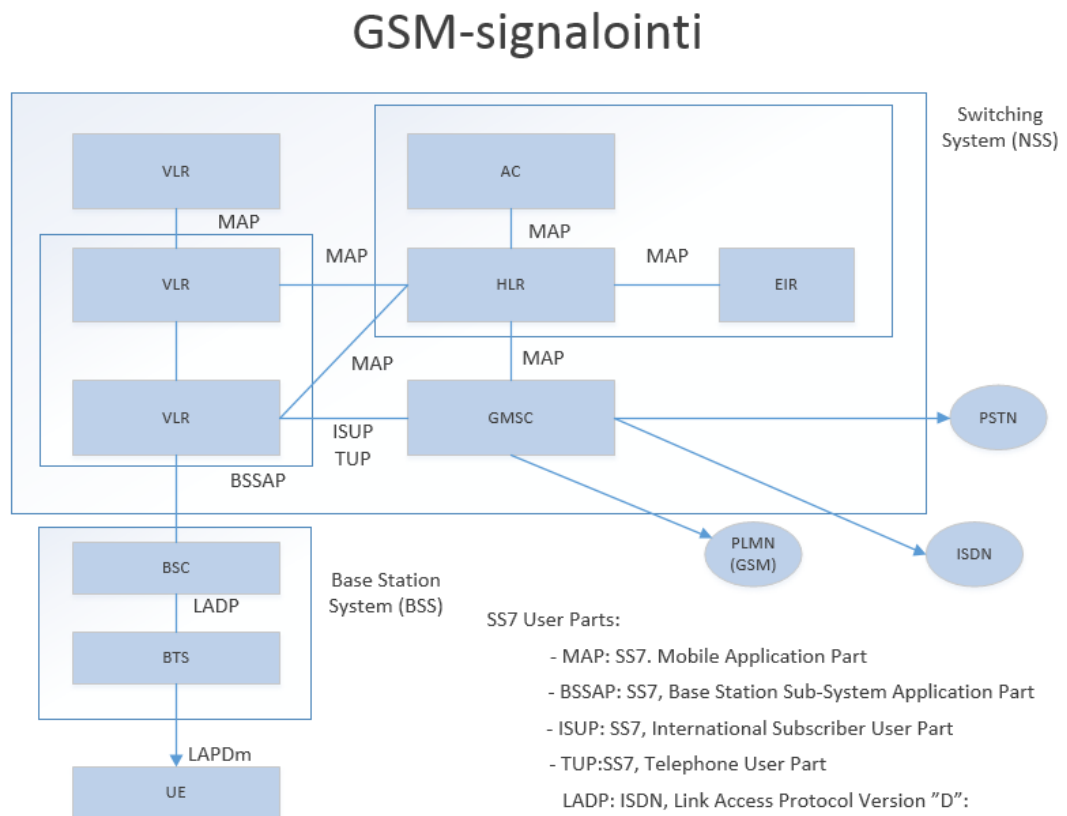
Verkkokerros kuljettaa signaalintiviestit, jotta viesti saadaan kohteeseen. Verkkotaso tuottaa dedikoidun signaalintikanavan tai yhteydettömiä palveluja kuten pakettityyppisignaali, esim: Radio Resource -viesti MSC:ltä BSC:lle. (Selvam 2012.)

Siirtoyhteyshierros kuljettaa kehyksiä ilman häviöitä. Virheitä korjataan virheenhavaitsemisella, kehystämällä ja uudelleenlähetyksillä, esim. LADP-protokolla A-BIS-rajapinnalla BSC:n ja BTS:n välillä. (mt.)

Fyysinen kerros lähettää kaiken fyysisen viestimen yli. Se määrittää käytettävän fyysisen viestimen: mekaanisen, elektronisen, funktionaalisen ja proseduraaliset luonteet, esim. käytettävän GMSK-modulaation Ilmarajapinnalla BTS:n ja MS:n välillä. (mt.)

MSC-järjestelmä kommunikoi SS7-signaalinnalla BSC:lle, HLR:lle ja muille verkoille. Ilmarajapinta ja A-bis-signaali perustuvat ISDN Link Access protokollaan (LAP-D ja LAP-Dm). Signaalintikanavat on integroitu ilmarajapintaan kuten BCCH, PCH, AGCH, SDCCCH, SACCH ja FACCH. Signaalinnit on määritelty standardeissa, jotta eri laitevalmistajien laitteet toimivat keskenään. (mt.)

Kuviossa 2 esitetään GSM-signalointi eri rajapintojen yli



Kuvio 2. GSM-signalointi

Kun puhelin menee päälle, silloin sitä hallitsevat sen sisäiset algoritmit. Se suorittaa seuraavan sekvenssin operaatioita:

- Etsii GSM-taajuuudet.
- Etsii taajuuskorjauskanavan (FCCH) ja synkronoi kanavat.
- Etsii synkronointikanavan (SCH).
- Kuuntelee BS:ltä yleislähetyskanavaa (BCCH) ja lataa tiedot tukiasemista, jotta voidaan synkronoitua niiden kanssa.
- Lataa tiedot vapaista naapuriverkoista ja tekee mittaukset.
- Valitsee parhaan vaihtoehdon verkolle.
- Jos käyttäjä haluaa suorittaa puhelun, puhelimen täytyy signaloida verkolle. Signalointi tehdään lähettämällä palvelupyyntö RACH-kanavalle.

(Selvam 2012.)

Fyysisellä kerrokselta vaaditaan bittivuon siirtämiseen fyysisen TDMA/FDMA-kanavan yli seuraavia asioita:

- Salaus.
- "Timing Advance" -arvon ja lähetystehon määrittäminen.
- Kanavakoodaus.
- Loogisten kanavien sidonta fyysisiin kanaviin.

Siirtoyhteyskerros pitää huolen luotettavasta signalointilinkistä päätteiden ja verkon välillä. Protokolla perustuu ISDN:n LAPDm-protokollaan.

- Kehystäminen.
- Osoitteistus.
- Virheenkorjaus.

Verkkokerros pitää huolen MS-verkon toiminnoista. Se jaetaan kolmeen alik-errokseen:

- Radioresurssien hallintaan.
- Liikutettavuuden hallintaan.
- Yhteyden hallintaan.

(Selvam 2012.)

2.1.4 Matkapuhelinkeskus

Matkapuhelintilaajan päätekeskus (MSC, Mobile switching center) suorittaa järjestelmän puhelinkytkentäfunctiot. Se suorittaa mm. seuraavat funktiot: puheluiden mittauksen, verkkoliitännän, yleiskanavan signaloinnin.

Matkapuhelinkeskus on vastuullinen puhelunprosessoinnin suorittamisesta ja tilaajaan liittyvistä funktioista. (Penttinen 1999.)

Matkapuhelinkeskus koostuu seuraavista yksiköistä:

- Tilaajan kotirekisteri (HLR, Home location register) on tietokanta, johon talletetaan tilaajien tiedot. HLR on tärkein tietokanta, koska se sisältää pysyväisluontoiset tiedot tilaajista, kuten tilaajan palveluprofiilin, paikannustiedon ja aktiivisuustiedon. (mt.)
- Vierailijarekisteri (VLR, Visitor location register) on tietokanta, joka pitää sisällään tilaajista väliaikaistietoa, jota MSC tarvitsee palvellakseen vierastilaajia. VLR on aina integroitu MSC:ään. Kun UE vierailee uuden MSC:n alueelle VLR tallentaa väliaikaistietoihin tarvittavat tiedot, jos UE haluaa suorittaa puhelun. Tämä vähentää HLR:n rasitusta, koska sen ei tarvitse kysyä tietoja HLR:ltä, jokaisella kerralla. (mt.)
- Autentikointikeskus (AUC, Authentication center) hoitaa autentikoinnin sekä suojausparametrit, joilla todennetaan käyttäjän henkilöllisyys ja varmistetaan jokaisen puhelun luottamuksellisuus. AUC suojaa verkko-operaattoreita monenlaisilta petoksilta. (mt.)
- Laiterekisteri (EIR, Equipment identity register) on tietokanta, joka sisältää puhelinten IMEI tunnistetiedot. estää puhelut varastetuista puhelimista, luvottomista sekä viallisista puhelimista. (mt.)

2.1.5 Tukiasemajärjestelmä

Tukiasemajärjestelmällä suoritetaan kaikki radiokaistan funktiot.

Tukiasemajärjestelmä koostuu tukiasemaohjaimista (BSC, base station controller) ja tukiasemista (BTS, base transciever station). (Penttinen. 1999.)

Tukiasemaohjain tuottaa ohjausfunktiot ja fyysiset linkit päätekeskuksen ja tukiaseman välillä. Se on korkean kapasiteetin kytkin, joka tuottaa funktioita kuten puhelunsiirron, solukonfiguraatietiedon ja hallinnoi radiotaajuuden tehotasoja

lähetin-vastaanottimissa. Matkapuhelintilaajan päätekeskus ohjaa monia tukiasemia. (mt.)

Tukiasema ohjaa radiorajapinnan puhelimelle. Tukiasema on radiolaitteisto, joka koostuu lähetin-vastaanottimista ja antennista, joita tarvitaan jokaisen solun palvelemiseen verkossa. Yksi tukiasemaohjain hallinnoi tukiasemaryhmää. (mt.)

2.1.6 Hallintajärjestelmä

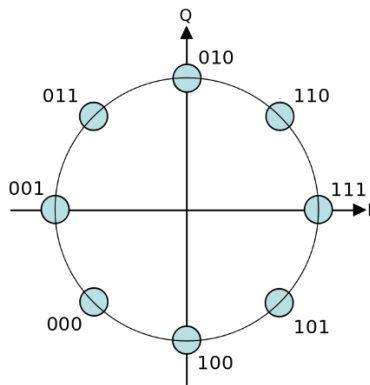
Verkon huoltotöiden järjestelmä on nimeltään hallintajärjestelmä (OSS, operation and support system). Hallintakeskus on yhteydessä kaikkiin laitteisiin kytkentäjärjestelmässä ja tukiasemaohjaimiin. Hallintakeskus on funktionaalinen yksilö, josta verkko-operaattori monitoroi ja ohjaa järjestelmää. Hallintakeskuksen tarkoitus on tarjota asiakkaalle kustannustehokas tuki keskitetyille, alueellisille ja paikallisille huollollisille toiminnoille, joita GSM-verkko vaatii. Tärkeä funktio, jonka hallintakeskus tuottaa, on verkon yleiskuva ja antaa tuen eri organisaatioiden tekemille huoltotöille. (mt.)

2.2 Mittauksien perusteet

2.2.1 Perusteet

Phase Shift Keying on tapa vaihemodulointiin, jossa muutetaan kantoaallon vaihetta suoraan ja hetkellinen vaihe kertoo sanoman arvon. Digitaalisessa vaihemoduloinnissa on päätettävä, mitä vaihetta käytetään millekin binäärisen symbolin arvolle. Esimerkiksi BPSK:ssa, eli binäärisessä vaiheavainnuksessa, voidaan määritellä 0 astetta merkitsemään viestin arvoa 0 ja +180 astetta merkitsemään viestin arvoa 1. GSM:n käyttämässä 8PSK:ssa käytetään 8 vaihetta, joilla voidaan ilmaista numeroarvoja 0-7 eli ilmaistaan 3 bittiä. Vaihemoduloinnissa synkronoitavalähetin ja vastaanotin Liitteessä 1 on listattuna vaiheavainnus modulointeja. (Poole 2014a.)

Kuviossa 3 kuvataan 8-PSK modulaation bittikarttaa.



Kuvio 3. 8-PSK-konstellaatiodiagrammi.

(Poole 2014a.)

Gaussian filtered Minimum Shift Keying on tapa moduloida, jolla voidaan tarjota väylä datalähetyksille spektriä tehokkaasti käyttäen. Yksi ongelma muita modulaatiotapoja käyttäessä on se, että sivukaistat ulottuvat ulospäin kanta-aallosta ja ne voivat aiheuttaa häiriötä muille radiokaistan käyttäjille. (Poole 2014c.)

GMSK-modulaatio pohjautuu MSK:hon, joka on itsessään taajuusmodulaation ja vaihemodulaation yhdistävä menetelmä. GSMK-moduloinnissa siirrettävä bittivirta muunnetaan sakara-aaltosignaalien vaihe-eroiksi ja tämä signaali suodatetaan Gaussin funktion avulla pyöristetyiksi pulsseiksi. GSMK-signaali muodostetaan pyöristetystä pulssista taajuusmodulaatiolla. Taajuusmodulaatiossa lähetin sekä vastaanottaja on synkronoitava. GSM:ssä synkronointi suoritetaan lähettämällä kymmenen TDMA-kehyksen välein purske nollabittejä FCCH-kanavalle. GSM käyttää GSMK:ta siirtämään digitaalista puhetta ja GPRS-dattaa. Modulaation myötä signaalissa ei ole elementtejä, jotka kuljetettaisiin amplitudin muutoksena. Kun amplitudia ei tarvitse signaalissa, niin signaali on joustavampi häiriöiden suhteen. Suurin osa häiriöistä on amplitudi-pohjaista. (Poole 2014c.)

2.2.2 Miksi suorittaa mittauksia

GSM-standardi määrittelee järjestelmän, joka toimii vain, jos jokainen komponentti toimii määrättyjen rajojen sisällä. Periaatteessa tehdään kompromissi käyttäjän linkkilaadun ja häiriömäärän suhteen. Päätelaitteiden ja tukiasemien pitää pystyä lähettämään tarpeeksi voimakkaasti sekä riittävällä tarkkuudella, jotta voidaan ylläpitää puhelu hyväksyttävällä laadulla ilman, että lähetettäisiin liiallisella

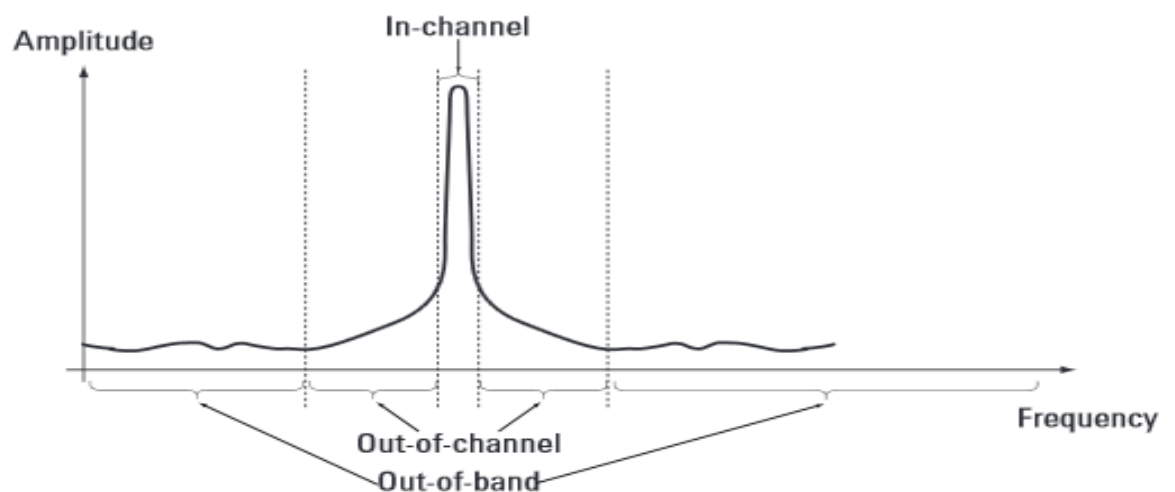
voimakkuudella taajuuskanavoihin ja aikajanoihin, jotka ovat muille varattuina.

Vastaanottimien pitää olla tarvittavan herkkiä ja valintatarkkoja demoduloimaan alhaisen tason signaali. Mittauksilla siis todetaan toimivatko laitteet, siten etteivät ne aiheuta häiriöitä kaistalle. (Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

2.2.3 Lähettimet

Toimintakyky on kriittistä kolmella eri alueella: In-channel, out-of-channel ja out-of-band. (Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

Kuviossa 4 on esitetty toimintakyvylle kriittiset alueet.



Kuvio 4. In-channel, out-of-channel, out-of-band mittaukset

(Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components. 2002.)

In-channel mittaukset määrittävät linkin laadun käyttäjän lähtökohdista katsottuna:

- Vaihevirhe ja keskiarvoinen taajuusvirhe
- Keskiarvoinen lähetysteho
- Keskiarvoinen lähetysteho ajan suhteen

Out-of-channel mittaukset määrittävät kuinka paljon häiriötä käyttäjä aiheuttaa muille GSM-käyttäjille:

- Modulaation ja laajakaistan aiheuttaman kohinan aiheuttama häiriöspektri
- Radiokaistan rampittamisesta aiheutuva spektri
- Lähetys ja vastaanottokaistan häiriötaajuuksia

Out-of-band mittaukset määrittelevät kuinka paljon häiriötä käyttäjä aiheuttaa muille radiokaistan käyttäjille. Häiriöt voivat häiritä mm. armeijan, ilmailun ja poliisin taajuuksia.

- Muut häiriötaajuudet (Ristitaajuudet ja laajakaista)

(Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002)

2.2.4 Vastaanottimet

Vastaanottimille on kriittistä pystyä toimimaan tarpeeksi herkästi. Herkkyyden mittaukset määrittävät minkälaisen linkin laadun käyttäjä näkee alhaisen signaalitason olosuhteissa:

- Staattinen referenssi herkkyystaso

(Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

2.2.5 Mittausten juuret

GSM- ja vastaanotto -mittaukset määritellään seuraavissa 3GPP-standardeissa:

- 3GPP TS 05.05.V8.12.0 Radio access network; radio transmission and reception (release 1999).
- 3GPP TS 11.21 V8.6.0 Base station system equipment specification; radio aspects (release 1999).

(Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

Nämä spesifikaatiot ovat laajat ja ei ole käytännöllistä tehdä koko mittaussarjaa.

Esimerkiksi teollisuudessa, jossa laitteiden valmistusnopeus ja hinta ovat avaintekijät, silloin on järkevää tehdä vain tarpeelliset mittaukset. Pääasiana on varmistaa, että

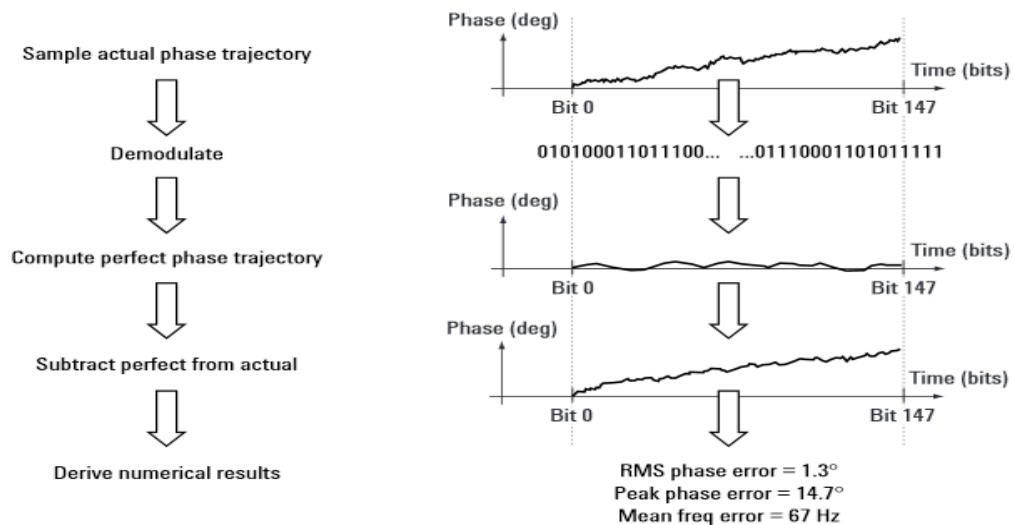
laite on oikein koottu ja kalibroitu. Varmistetaan, että laite toimii suunnitellulla tavalla. (Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

2.3 GSM/EDGE BTS lähettimen mittaukset

Tajuusvirhe GMSK:ssa ja EVM-arvo 8-PSK:ssa ovat fundamentaalisia parametrejä, jotka ovat käytössä GSM:ssä modulaation tarkkuuden määrittämiseksi. Mittaukset paljastavat paljon lähettimen suorituskyvystä. Paha vaihevirhe tai EVM-arvo ilmaisee ongelmaa I/Q kantataajuuskaistageneraattorissa, suodattimissa, modulaattorissa, vahvistimessa tai lähettimen mikropiiristössä. Oikeassa järjestelmässä vaihevirhe ja EVM pudottavat vastaanottajan kykyä demoduloida varsinkin marginaalisen signaalin tapauksissa. Tämä vaikuttaa loppujenlopuksi signaalin kantamaan. (Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

Taajuusvirhemittaukset indikoivat huonosta syntetisaattori/vaihelukkosilmukka suorituskyvystä. Tämä on erityisen tärkeätä BTS:ssä, jossa on taajuushyppely aktiivisena. Huonot tulokset taajuusvirhemittauksissa voivat näyttää esimerkiksi, että syntetisaattori ei kykene tasoittumaan tarpeeksi nopeasti kun se vaihtaa taajuutta lähetyksen välillä. Oikeassa järjestelmässä tämä voi aiheuttaa monia ongelmia. Esimerkiksi kohdevastaanottaja voi aiheuttaa interferenssiä muille käyttäjille. (mt.)

Kuviossa 5 esitetään GMSK:n vaihe- ja taajuusvirheen laskemisen vaiheet.



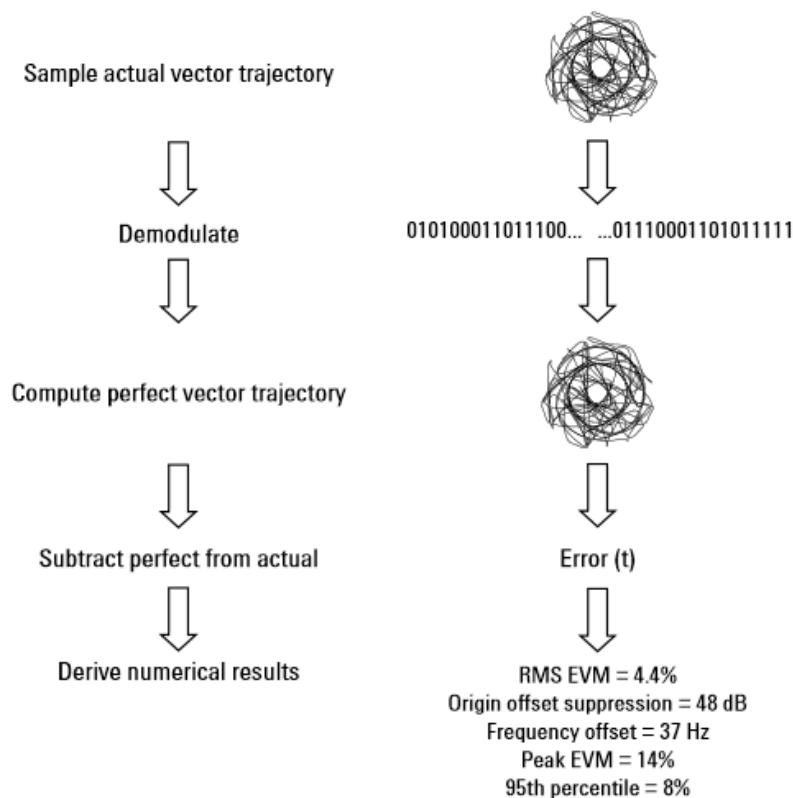
Kuvio 5. GMSK, vaihe- ja taajuusvirheen laskeminen

(Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

Vaihe- ja taajuusvirhemittaukset ovat monimutkaisia, mutta nykyajan modernit mittauslaitteet voivat suorittaa kaikki vaadittavat signaaliprosessoinnit ja laskea ne automaattisesti. Kuviossa 5 nähdään mittauksen teoria. (Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

Analysaattori ottaa näytteitä lähetetystä signaalista ottaen talteen oikean vaihevektorin. Tämä tieto demoduloidaan ja ideaali vaihevektori johdetaan matemaattisesti. Näiden kahden vektorin erotuksesta muodostuu virhevektorisignaali. Tämän signaalin keskigradientista muodostuu taajuusvirhe. Tämän signaalin vaihtelusta muodostuu vaihevirhe. (mt.)

Kuviossa 6 esitetään 8-PSK vaihe- ja taajuusvirheen laskemisen vaiheet.



Kuvio 6. 8-PSK, EVM teoria, alkupistepoikkeama ja taajuuspoikkeama

(Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

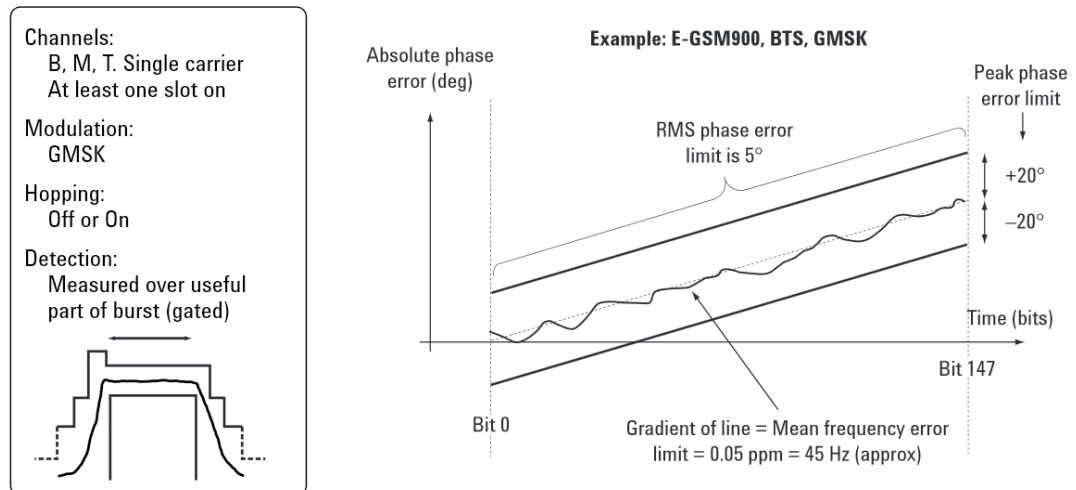
Virhevektorivoimakkuus mittaukset suoritetaan metodilla, joka on samankaltainen vaihe- ja taajuusvirhe-mittauksiin. Alkupistepoikkeama (Origin offset) myös lasketaan modulaation tarkkuuden mittauksissa. Tällä määritetään DC-poikkeama lähettimen I/Q poluissa ja määritetään desibeliarvona (nimellisen signaalivektorivoimakkuuden suhteena). Taajuusvirhe myös saadaan tästä mittauksesta. (Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

Vastaanottaja tai analysaattori tutkii lähettäjän ulostulon sekä tallentaa voimakkuuden ja vaihetiedon laskien vektoriradan. Tämä tieto demoduloidaan ja ideaalinen vektorirata saadaan. Näiden kahden erotuksesta saadaan virhesignaali. Vaadittavat tilastolliset arvot lasketaan tästä signaalista. EVM-arvo määritetään prosenteina nimellisestä signaalivektorivoimakkuudesta, RMS, peak ja 95th

prosenttiarvot tarvitaan. 95th prosenttiarvot ovat niitä arvoja, jotka ovat 95% pienempiä kuin muut EVM-näytteet, joten ovat siis aina isompia kuin RMS-arvo ja pienempiä kuin huippuarvo. (Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

3GPP-spesifikaatiot määrittelevät raja-arvot mittauksille BTS:llä. Vaihe- sekä taajuusvirhemittaukset tulisi suorittaa purskeisina ja monella kanavalla. Oikea lähettimen tehokkuus tulee vaihtelevan taajuuden mukaan. (Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

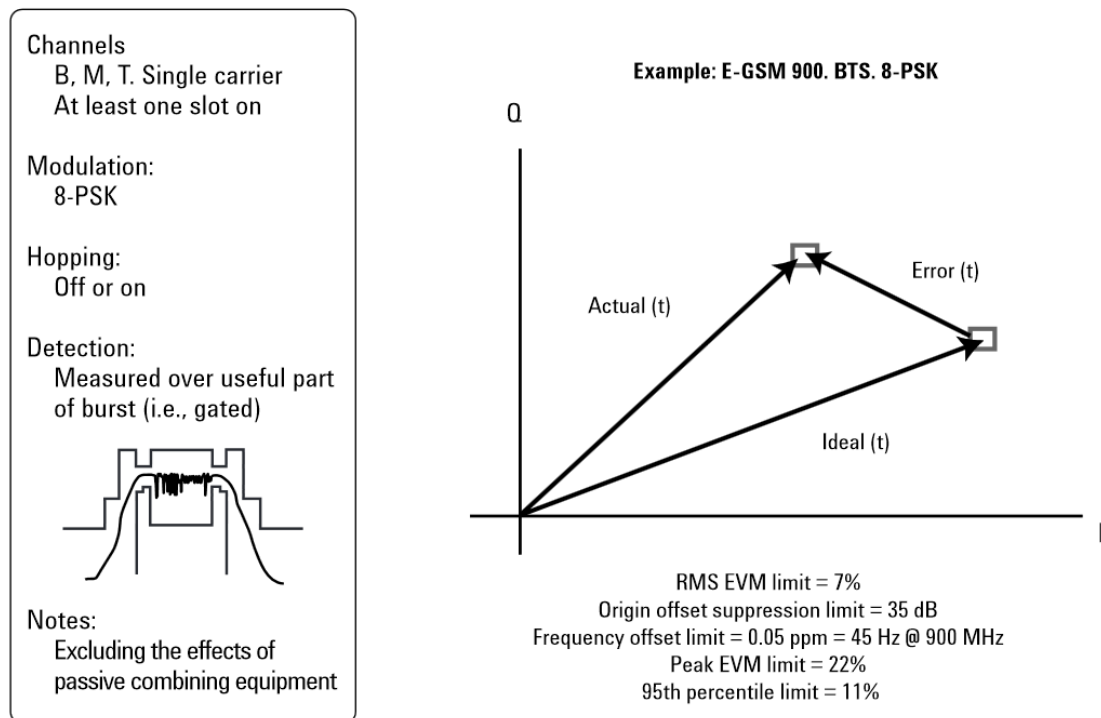
Kuviossa 7 esitetään GMSK:n rajat ja määrittelyt.



Kuvio 7. GMSK, Vaihevirhe, keskimääräinen taajuusvirhe sekä raja-arvot (Agilent Technologies 2002.)

Taajuusvirheen läpäisy/hylkäys ilmaistaan suhteellisen suhdeyksikkönä ppm (parts per million) ja se pätee kaikilla taajuuskaistoilla. Vaihevirheen rajat ovat yleiset kaikilla kaistoilla. (Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

Kuviossa 8 ilmaistaan graafisena 8-PSK:n rajat ja määrittelyt.



Kuvio 8. EVM (8-PSK), keskipistepoikkeama ja taajuuspoikkeama, BTS, raja-arvot

(Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

Kuten vaihe- ja taajuusvirhemittauksissa EVM, keskipistepoikkeama ja taajuuspoikkeamamittaukset pitäisi suorittaa purskeisena sekä monien kanavien yli. Kaikki läpäisy/hylkäysrajat ovat samat kaikilla kaistoilla. (Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components 2002.)

2.4 General Purpose Interface Bus -liitäntä

2.4.1 Yleistä

Alkuperäisen GPIB-väylän kehitti Hewlett-Packard 1960-luvulla yhdistääkseen ja ohjatakseen ohjelmoitavia mittauslaitteita, joita Hewlett-Packard tuotti. Digitaalisten kontrollereiden ja ohjelmoitavien testauslaitteiden ilmestyessä nousi tarve rajapinta-

standardille, jolla mahdollistettaisiin kommunikointi eri laitteiden toimittajien tuotteiden välillä. (Poole 2014b.)

IEEE-488 Standardi, yleisesti tunnetaan nimellä General-Purpose Interface Bus (GPIB). Standardi antaa käyttöön yhtenäisen metodin rinnakkaisen tiedon lähettämiseen laitteelta laitteelle. (Poole 2014b.)

GPIB-väylä on erittäin joustava ja antaa tiedon kulkea laitteelta toiselle sillä nopeudella millä laite kykenee. Laitteiden määrä väylässä on maksimissaan 15. Väylän fyysinen pituus ei saa ylittää 20 metriä. Kahden laitteen väli ei saa olla yli kaksi metriä. Tiedonsiirtonopeus on 1.8 MB/s ja uudempi High Speed 488 (HS488) kykenee jopa 8 MB/s tiedonsiirtonopeuteen. (mt.)

2.4.2 Arkkitehtuuri

GPIB-arkkitehtuuriin kuuluvat kontrollerit, puhujat ja kuuntelijat. Kontrollerit ohjaavat kaistan käyttöä ohjaamalla laitteita puhuja- tai kuuntelijarooleihin. Kontrollerit vastaavat instrumenttien huoltopyyntöihin. Kontrolleri voi luovuttaa kaistan hallinnoinnin toiselle kontrollerille. Kaistalla voi olla vain yksi johtava kontrolleri (CIC, Controller-in-Charge). (GPIB Messages 2006.)

GPIB-arkkitehtuurissa on kaksi eri viestityyppiä: käsky- ja dataviestit. Jokaisella GPIB-kontrollerilla ja GPIB-instrumentilla on uniikki identiteetti kaistalla. Kontrollerit käyttävät käskyviestejä ilmoittamaan instrumenteille, milloin ne voivat lähettää tietoa ja milloin ne voivat kuunnella kaistalla olevaa tietoa. (mt.)

Puhujat voivat siirtää dataa kaistalle, mutta ainoastaan silloin, kun kontrolleri ohjaa tekemään niin. Vain yksi laite voi siirtää tietoa kaistalle kerrallaan. Kuuntelijat noutavat dataa kaistalta, mutta vain silloin kun kontrolleri ohjaa tekemään niin. Monet laitteet voivat toimia kuuntelijan roolissa samaan aikaan. (mt.)

2.4.3 Käsky- ja dataviestit

Kontrollerit käyttävät käskyviestejä kertomaan laitteille (instrumenteille tai muille kontrollereille) niiden roolit. Muu informaatio kuljetetaan dataviesteinä.

Käskyviestien ja dataviestien erona on ”State of the Attention (ATN)” bitin tila. Jos ATN-bitti on asetettu niin jokainen laite voi lukea kaistan datan ja ne luetaan käskyviesteinä. Jos ATN-bittiä ei ole asetettu, silloin vain ne laitteet, joille viesti on merkattu voivat lukea viestin datalinjalla. (GPIB Messages 2006.)

2.4.4 GPIB-osoitteistusprotokolla

GPIB-osoitteistusprotokollassa on 8 datalinjaa eli 8-bittiä voidaan kuljettaa kerrallaan. Käskyviestit käyttävät seitsemän kahdeksasta bitistä. (GPIB Messages 2006.)

Kuviossa 9 nähdään GPIB-osoitteistusprotokollan kehys.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Data	0	TA	LA	GPIB Primary Address				

Kuvio 9. GPIB-osoitteistusprotokolla.

(GPIB Messages 2006.)

Bitit 0-4 ilmoittavat laitteen osoitteen, jolle kuuntelija/puhuja rooli on tarkoitettu. Jos viides bitti on asetettu niin laite käsketään kuuntelijan rooliin. Kuudes bitti asettaa laitteen puhujan rooliin. Seitsemäs bitti tulkitaan aina arvona ”0” eli sitä ei oteta huomioon. (mt.)

Jokaisella laitteella pitää olla yksilöivä osoite. Tämä osoite koostuu primääristä osoitteesta sekä sekundaarista osoitteesta. Kuvio 9 nähdään, että viittä datalinjaa käytetään osoittamaan laitteen primääri osoite. Tämä tarkoittaa, että voidaan käyttää arvoja 0-31, mutta arvoa ”31” ei koskaan käytetä primäärinä osoitteena, koska sitä käytetään erikoistapauksissa. Voidaan siis käyttää 31 eri primääriosoitetta. CIC-laite käyttää melkein aina primääriä osoitetta ”0”, joten instrumentit kaistalla voivat käyttää primääriosotteita 1-30 väliltä. (GPIB Messages 2006.)

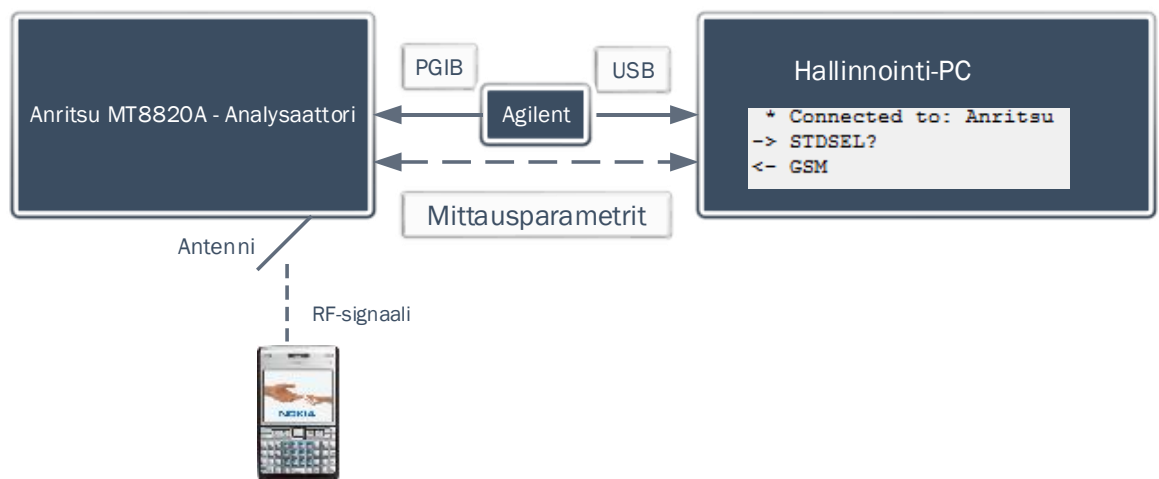
GPIB sekundaariosoitteet ovat myös 0-30 väliltä. Tämä tarkoittaa, että osoitteita on mahdollista olla 961 ($31 \cdot 31$). Sekundääriosoitetta käytetään harvoin.

Sekundääriosoitteet ilmoitetaan asettamalla biteille 5 ja 6 arvo '1', jolloin laite lukee bitit 0-4 sekundääriosoitteena. Kommunikoidessa sekundääriosoitteen omaavan laitteen kanssa pitää ensin lähettää sen primääriosoitte ja heti perään sen sekundääriosoitte. (mt.)

3 Tutkimuksen toteutus

3.1 Topologia

Mittausjärjestelmä koostuu hallinnointitietokoneesta, joka on yhteydessä Anritsu TM8820A Radio Communication Analyzer –instrumenttiin Agilent GPIB-USB adapterin avustuksella. Kuviossa 10 esitetään mittausjärjestelmän topologia.



Kuvio 10. Topologia

Analysaattorin mittausparametrejä lähetetään ja vastaanotetaan Windows 7 hallinnointi-PC:llä Agilent "Interactive IO"-ohjelmistolla GPIB-väylän kautta. Päätelaitteena toimii Nokia E61. Päätelaitteena voisi toimia mikä tahansa GSM-laite.

3.2 MT8820A Radio Communication Analyzer

MT8820A-analysaattori kattaa taajuudet 30MHz – 2.7GHz väliltä ja se on suunniteltu suorittamaan lähetys- sekä vastaanottotestejä GSM- sekä 3G-päätteille 3GPP TS34.121 standardin mukaisesti. Tarkoituksenmukaisella mittausohjelmistolla sekä oikeat lisäosat asennettuna MT8820A-analysaattori tukee kaikkia pääasiallisia lähetys- sekä vastaanottotestejä, esim. HSDPA. Lisäosien myötä laite tukee myös EDGE/EGPRS ja 1xEV-DO sekä mittauksia kahdelle puhelimelle samaan aikaan. (Radio Communication Analyzer MT8820A Features 2009.)

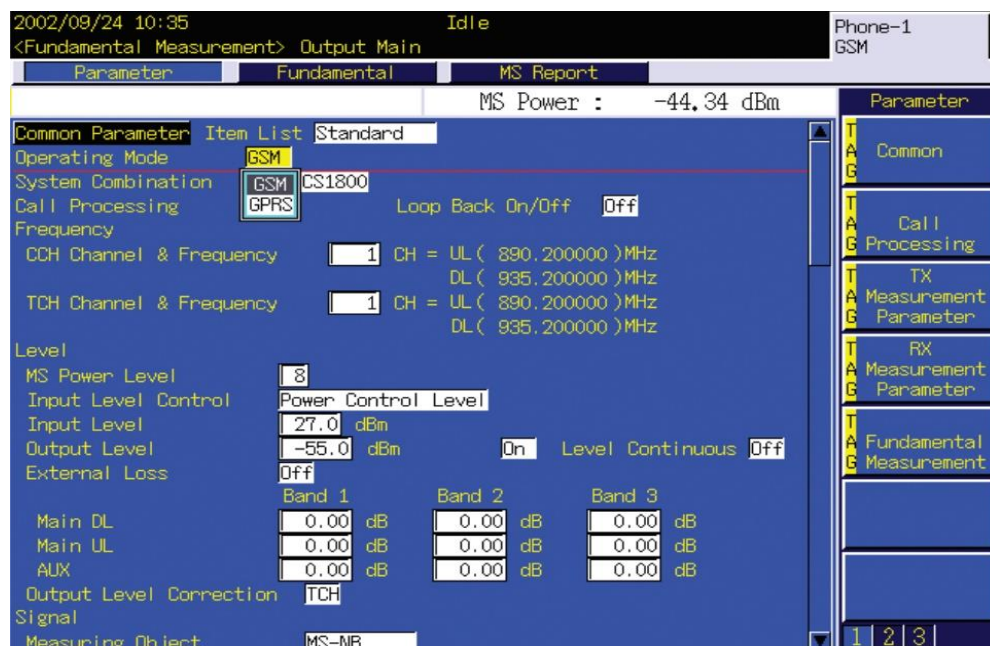
Mittauksissa käytettävässä MT8820A-analysaattorissa on seuraavat tuet:

- MX882000B: W CDMA measurement software – Mahdollistaa WCDMA mittaukset.
- MX882000A GSM measurement software – Mahdollistaa GSM mittaukset.
- MX8820001A-01 GSM voice codec – Mahdollistaa äänen reaaliaikaisen enkoodauksen/dekoodauksen. Vaaditaan puhelin RJ11-liitäntään sekä GSM-yhteydellinen puhelin.
- MX882050A W-CDMA call processing software – Mahdollistaa WCDMA puheluiden muodostamisen.

(Radio Communication Analyzer MT8820A Features 2009.)

3.2.1 Parameter-valikko

Parameter-valikosta voidaan muokata puheluun sekä mittaustuloksiin liittyviä parametrejä, kuten päätelaitteen takaisinkytkentätila. Täysi lista parametreistä löytyy liitteestä 2. Kuviossa 11 nähdään Parameter-valikko.



Kuvio 11. Parameter-valikko

(MX882001A GSM Measurement Software 2006.)

Common Parameter -valikko

”Common Parameter”-asetuksista voidaan asettaa analysaattori toimimaan GSM-tilassa tai GPRS-tilassa. Jos halutaan suorittaa bittivirhemittauksia, niin ”Loop Back”-tila pitää asettaa aktiiviseksi, jolloin päätelaite kiertää signaalin takaisin.

Ohjatessa päätteitä ”Loop Back”-tilassa, niin takaisin päätteeltä tuleva RF-signaali demoduloidaan, jotta voidaan laskea Frame Error Rate, Bit Error Rate, Cyclic Redundancy Check sekä Residual Bit Error Rate.

”Loop Back mode A”-tilassa päätelaite ilmaisee jos kehyksiä on poistettu (Frame Erasure). ”Mode A” tilassa voidaan mitata FER/RBER-arvot.

Kehyksen poiston päätelaite indikoi puhekehyksessä, silloin kun alalinkin kehyksestä löytyy CRC-virheitä joka aiheuttaisi sen, että puhekehys hylättäisiin. Päätelaite indikoi virheen löytymisen asettamalla kaikki bitit ylälinkin puhekehyksestä nolllaksi. (Bit Error Measurement 2009.)

”Loop Back mode B”-tilassa päätelaite ei ilmoita kehysten poistosta. ”Mode B”-tilassa voidaan laskea CRC/BER arvot. Kun ”Mode B” tai BLER-mittaus on valittuna niin laite tuottaa lähetyslinkille pseudosatunnaista binääristä sekvenssiä tunnetulla tehotasolla. (Bit Error Measurement 2009.)

Ohjatessa GPRS-operaatiotilassa ”Connection Type BLER” -parametri mahdollistaa ”USF Block Error”-mittaukset. ”USF Block Error”-mittaus suoritetaan vertaamalla lähetettyä USF-lohkomäärää UE:lta takaisin tullessiin väärin dekodattuihin USF-lohkoihin. (Uplink State Flag 2008.)

Kuviossa 12 nähdään Fundamentals-mittauksiin ilmestynyt Block Error Rate-mittaus.



Kuvio 12. Block Error Rate-mittaus

(MX882001A GSM Measurement Software 2006.)

Taulukossa 2 ilmaistaan takaisinkykentätilojen bittivirhemittaukset.

TAULUKKO 2. BITTIVIRHEMITTAUKSET ERI "LOOP BACK"-TILOISSA

Loop Back mode A (With Frame Erasure):	Loop Back mode B (No Frame Erasure):
FER. Frame Erasure Rate.	CRC. Cyclic Redundancy Check.
RBER. Residual Bit Error Rate.	Non RBER. Non Residual Bit Error Rate.

Kun aktiivinen solu on GRPS tai E-GPRS, niin silloin on mahdollista myös luoda GSM-puheyhteyksiä. Kun aktiivinen solu on EGPRS, silloin voidaan käyttää PDTCH-kanavaa

datayhteyden luomiseen uplink- sekä downlink-suuntaan. Jos aktiivinen solu on GSM, niin data-yhteyttä ei pysty muodostamaan. Aktiivisen solua voi vaihtaa vain jos ei ole aktiivista yhteyttä muodostettu UE:n kanssa. (Configuring the Traffic Channel (TCH) Parameters 2009.)

E-GPRS-Aktiivisolussa voidaan myös käyttää uudempia modulaatioita ja koodausmenetelmiä kuin GPRS:ssä, jolloin voidaan toteuttaa mittauksia periaatteessa samanlaisissa olosuhteissa kuin oikeassa verkossa. (mt.)

Jos aktiivisolu on GPRS tai EGPRS, testaussarjat antavat GPRS tai EGPRS spesifistä tietoa BCH-kanavalla, kuten System Information 13 Data. Tämä asetus on erillinen Connection Type asetuksesta, joka määrittää puhelu- tai data -yhteyden. (mt.)

”Level”-asetuksissa määritellään lähetystehoon ja vastaanottotehoon liittyviä arvoja. ”MS Power Level”-parametrinä asetetaan tehotaso, jolla ohjataan UE:ta.

”MS_TXPOWER_MAX_CCH”-parametrillä määrätään korkein sallittu tehotaso.

”Input Level Control”-parametrillä määrätään ohjataanko sisääntulontasoa ”Power Control Level”-tasolla, jolloin tehoja mitataan optimaalisesti, jos puhelimen lähetysteho on lähellä odotusarvoja. ”Power Control Level”-tasolla ohjatessa ”Input”-parametriksi ilmestyy puhelimen odotettu lähetysteho. Jos ”Input Level Control”-parametrinä on ”Manual” niin ”Input”-parametri määritetään manuaalisesti. (Characterizing RF Losses between GSM Phones and Test Equipment 2007.)

”Reference”-parametreinä voidaan määrittää Closed Loop-menetelmää käyttävä ”TCH”-kanava tai Open Loop-menetelmää käyttävä ”CCH”-kanava referenssitasoksi tehonsäädölle. (Radio Communications System, Base Station Apparatus And Method Of Transmission Power Control 2008.)

”Input Level”- ja ”Output Level”-parametreinä asetetaan sisääntulotaso ja lähetystaso. Sisääntulotaso on väliltä -30 dBm ja 40dBm. Lähetystaso on väliltä -140 dBm ja -10 dBm. ”Output”-parametrillä voidaan lähetysteho määrittää kokonaan pois. ”Level Continuous”-parametrillä voi asettaa lähetystehon tasauksen.

“External Loss”-parametrin ollessa päällä laite muuttaa tehotasoa kompensoidakseen häviöitä ja tämä pudottaa kykyä analysoida UE:n kykyä. (Characterizing RF Losses between GSM Phones and Test Equipment 2007.)

“Main DL”- ja “Main UL”-linkeille voidaan määrätä desibelihäviöt kolmelle kaistalle. “Output Level Correction”-parametrina voidaan asettaa “CCH” tai “TCH”-kanava lähetystason ohjaamiseen. “Variable Slot DL Level”-parametri voidaan asettaa päälle ja asettaa DL-linkin eri aikaväleihin eri häviöarvot.

“Signal”-asetuksista määritellään signaaliin liittyviä parametrejä. “Measuring Object”-parametri määrittää mitataanko GMSK-modulaatiota vai RACH-kanavaa. Puhelun kanavakoodauksen voi määrittää ja valittavina koodauksina ovat: FS, EFS, HS0, HS1, AFS, AHS0 tai AHS1.

Mitattavan TCH-kanavan aikavälin voi määritellä “TCH Slot”-parametreillä. TCH-kanavalle lähetettävä pseudosatunnainen modulaatiokuvio määritellään “TCH Test Pattern”-parametreillä ja taulukossa 1 listataan valittavina olevat sekvenssit:

Taulukko 1. Pseudosatunnaiset modulaatiokuviot

PN9	$2^9 - 1 = 511$ bitin sekvenssi
PN15	$2^{15} - 1 = 32767$ bitin sekvenssi
ALL0	Kaikki bitit ovat “0”
ALL1	Kaikki bitit ovat “1”
Fixed Pattern	Määritelty bittisekvenssi
Echo	Toistaa vastaanottamansa takaisin

“Timing Advance”-parametrillä määritetään signaalille arvo 0-63 väliltä, joka määrittelee kuinka kaukana päätelaite sijaitsee. “Timing Advance”-arvoa käytetään tehonsäätöön, jotta aikavälit eivät aiheuta häiriöitä toisillensa. (Parameter Timing Advance (TA) 2011.)

"Call Processing Parameters"-asetukset

"Call Processing Parameters"-asetuksista voidaan määrittää puhelun muodostamiseen liittyvät asetukset. Puhelun muodostamisen voi suorittaa GSM:llä, GPRS:llä tai EGPRS:llä.

"Network ID"-parametrillä voidaan määrittää verkon tunniste- ja sijaintitietoja 3 bittisillä NCC- ja BCC-parametreillä. NCC-parametrilla määritetään verkontarjoajan tunniste. BCC-parametri määrittää tukiaseman tunnisteen.

"Neighbour Cell Allocation"-parametreillä voidaan asettaa mitä BCCH-taajuuksia UE:lle mainostetaan. "UTRAN Neighbour Cell Allocation"-parametreilla, määritetään solujen UARFCN-kanavat. Kanaville määritetään myös "Scrambling Code"-tunnukset, joihin vertaamalla UE erottaa kanavat.

"W-CDMA Signal in Idle Frame"-parametrillä välikehykseen voidaan asettaa W-CDMA-signaali puhelunsiirtoa varten. "Alerting In InterRAT Handover"-parametrin voi asettaa päälle, jos haluaa hälytyksen verkon sisäisen puhelunluovutuksen tapahtuessa.

"BS-PA-MFRMS" -parametrillä voidaan määrittää solun hakukanavien lukumäärä.

"Page Mode"-parametreina on "Normal", "Extended" ja "Paging Organization".

"Normal"-parametrillä UE:n pitää purkaa kaikki "paging"-viestit sen omalta "paging"-alakanavalta. "Extended"-parametrillä UE:n pitää purkaa oman alakanavan viestit ja myös toisen alakanavan viestit. "Paging Organization"-parametrillä UE:n pitää purkaa kaikki viestit PCCCH-kanavalta itsenäisesti. (Listening to MS Paging Blocks 2003.)

"Handover Type"-parametrinä on "Inter Cell (Sync) eli aktiivisesta solusta luovutus viereiseen soluun tai "Intra Call", jolloin puhelunluovutus vaihtaa puhelun kanavalta/aikajanalta toisella kanavalle/aikajanalalle. (Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio subsystem link control 1996.)

"Identity Request at Call Setup"-parametrillä voidaan asettaa vaatiiko analysaattori puhelunmuodostamisessa puhelimelta "IMSI & IMEI"-tiedot vai ainoastaan "IMSI"-tiedon tai voidaan asettaa kysely pois eli "Off".

“Mobile Station ID”-parametreinä ovat “Fix”, jolloin manuaalisesti määritellään analysoitavan puhelimen “IMSI”-numerosarja tai parametrinä “Auto”, jolloin analysaattori odottaa, että UE kertoo “IMSI”-numerosarjansa rekisteröinnin ohessa.

“Call drop”-asetuksella voidaan asettaa analysaattorin suorittama puhelunpudottaminen pois päältä.

“Auto Registration”-parametrilla asetetaan UE:n automaattinen rekisteröinti analysaattoriin. “DTX”-Parametri asettaa päälle ”Discontinuous transmission”-metodin, jolla vähennetään häiriötä kaistalla kun kaistalla ei lähetetä ääntä. (Discontinuous Transmission 2008.)

“TCH Test Loop Optimization”-parametrin voi asettaa päälle, jolloin UE:lle lähetetään testidataa, joka sisältää kanavakoodattuja puheparametrejä ja inband-dataotsakkeen. UE:n kyky dekodata mitataan vertaamalla lähetettyä ja vastaanotettua inband-dataotsaketta toisiinsa. (Testing loops for channel codecs 2007.)

“Periodic Location Update”-parametrina määritetään aikaväli UE:n suorittamalle sijainnin kertomiselle. (Alwan 2014).

“Global Power Control Parameter”-parametreihin asetetaan yleiset tehonsäädön asetukset. “Measurement Channel”-parametreinä on mittauskanavat “BCCH” tai “PDCH”. Kun alalinkin tehonsäätöä mitataan niin mittauskanavan täytyy olla BCCH-kanava. PDCH-kanava toimii vakioteholla. (Halonen, Romero & Melero 2003, 39)

“Network Control Mode”-parametreinä ovat “NC0”, “NC1” ja “NC2”.

- NC0-tilassa UE suorittaa solun uudelleenvaihtamisen kuten idle-tilassa.
- NC1-tilassa UE suorittaa itsenäisen solun uudelleenvaihtamisen ja lähettää mittaustietoja verkolle.
- NC2-tilassa UE lähettää mittaustietoja, mutta verkko päättää solun uudelleenvaihtamisesta.

(Halonen, Romero & Melero 2003, 37)

”Number of PDUs for Test Mode”-parametrillä määritetään kuinka monta PDU:ta lähetetään ennen kuin UE katkaisee yhteyden automaattisesti Test mode A:ssa tai Test mode B:ssa. (Connection Types 2008.)

”TBF Release Cause of Test Mode”-parametrillä voidaan asettaa ”Normal”, jolloin irrottautuminen toimii lähettämällä PDU-yksiköt järjestyksessä loppuun tai ”Abnormal”-tila, jolloin UE voi lopettaa ylälinkille PDU-yksiköiden lähettämisen ja suorittaa epänormaalin irrottautumisen muodostamalla yhteyden uudelleen. (TS 144 060 - V6.12.0. 2005, 94)

”Assignment Message at PCL Change”-parametrinä voidaan asettaa analysaattori lähettämään viestin UE:lle kun tehonsäätötaso muuttuu. (Using the Dynamic Power Measurement to Measure Mobile Station Power Control Levels When Using SACCH TX Level Signaling 2001.)

”Frequency Hopping” -asetuksiksi valitaan taajuushyppelyn kaista ”Band” - parametrina. ARFCN-kanavat voidaan määrittää taulukossa esitetyille taajuuskaistoille. Taulukossa 2 esitetään taajuuskaistat, ARFCN-kanavaaarukka niiden oletuskanavat.

Taulukko 2. Taajuuskaistojen tiedot

Taajuuskaista	ARFCN-kanavaaarukka	Oletus ARFCN
P-GSM	1 - 124	1
E-GSM	0 - 124 ja 975 - 1023	0
R-GSM	0 - 124 ja 955 ja 1023	0
GSM850	128 - 511	128

Tajuuskaista	ARFCN-kanavahaarukka	Oletus ARFCN
P-GSM	1 - 124	1
E-GSM	0 - 124 ja 975 - 1023	0
R-GSM	0 - 124 ja 955 ja 1023	0
DCS1800	512 - 885	512
DCS1900	512 - 810	512

(MX269013A GSM/EDGE Measurement Software Operation Manual Operation 2012.)

“TX-Measurement Parameters” -asetukset

“TX-Measurement parameters” -asetuksissa asetetaan lähetysmittauksen parametrejä. ” Measurement Trigger”-parametrinä voidaan asettaa mittausliipaisimet “TS” eli “Training Sequence”-mukaiseksi tai “Video”, jolloin mittaus perustuu mitattuun signaalitasoon. “Measurement Slot”-parametrillä voidaan valita millä aikavälillä mittaus suoritetaan. “Bit Offset”-parametrillä voidaan asettaa bittivirtaan “0”- tai “1/2”-bitin suuruinen viive. “Timeout Length”-parametrillä voidaan asettaa aikamäärä katkaisulle, joka tapahtuu, jos ei löydy mitattavaa purskesignaalia.

“Power Measurement”-asetuksiin asetetaan signaalista 6 aikaväliä “Leading”- sekä “Trailing”-tehomittauksille.

“Template”-mittauksen voi asettaa päälle, jolloin nähdään läpäiseekö jokin spesifinen kohta signaalista raja-arvoihin katsottuna testit. Mitattavan kohdan voi asettaa Fundamental-valikon kautta ja menemällä Template asetuksiin.

“Additional Lowest Measurement Limit”-parametreihin voi asettaa päälle ja määritellä ylimääräiset “Leading”, “Trailing” ja “2nd Lowest”- mittaukset. “RBW Filter(Offset Frequency 1800kHz, 2000kHz)”-parametreinä ovat “30kHz” ja “100kHz”. Jos filtti asetetaan “30kHz”-parametrillä, niin silloin sivukaistat myös näkyvät taajuusgraafissa. Pienempi filtti siis tuottaa erottelutarkkuudeltaan paremman mittaustuloksen. Jos halutaan nopeasti päivittyvää graafia niin silloin voidaan käyttää “100kHz”-parametriä tai silloin, kun modulaation kaistanleveys on suuri. (Resolution Bandwidth (RBW) 2014.)

“RX-Measurement parameters” -asetukset

“RX-Measurement parameters”-asetuksista määritellään vastaanottomittaustenparametrejä. Seuraaville bittivirhemittauksille voidaan asettaa mitattavien näytteiden määrä:

- “FER/CRC”
- “CIB”
- “CII”
- “FAST”
- “FACHH FER”
- “BER(Ext. BER input)”

“Loop Back Type”-parametrinä voidaan asettaa “A(FE)”, “B(NoFE)”, C(FAST,Burst) ja C(FAST,Speech) ja ne vaikuttavat mitkä bittivirhemittaukset suoritetaan.

“Confidence Measurement”-mittaus voidaan laittaa päälle, jolloin vastaanottomittaukset loppuvat automaattisesti, kun määrätty raja-arvo luotettavuudelle ylitetään. “Test Requirement”-parametriksi asetetaan BER-arvo, jota mittaustulokset eivät saa alittaa. “Input Data Polarity”- määrittää vastaanotetun

signaalin polariteetin. "Input Data Clock"-parametri voidaan määrittää "Rise" eli nousevaan rajaan tai "Fall" eli laskevaan rajaan. "Timeout Length"-parametrillä voidaan asettaa aikamäärä katkaisulle, joka tapahtuu, jos ei löydy mitattavaa signaalia.

"Fundamental Measurement Parameter"-asetukset

"Fundamental Measurement Parameter"-asetuksista voidaan asettaa mittauksia päälle ja määrittää kuinka monta mittauskertaa suoritetaan. "Measurement Mode"-parametreiksi voi asettaa "Normal", jolloin suoritetaan kaikki mittaukset tai "Fast", jolloin suoritetaan nopea tehomittaus.

Seuraavat mittaukset voidaan asettaa suoritettavaksi ja määrittää kuinka monta kertaa kyseiset mittaukset suoritetaan:

- Power Measurement
- Power vs Time
- Template
- Modulation Analysis
- Output RF Spectrum Modulation
- Output RF Spectrum
- Bit Error Rate

3.2.2 Fundamental-valikko

"Fundamental"-tiedoista voidaan katsoa mittaustuloksia. Tuloksiin sisältyy mm. lähetysteho, vaihevirheen huippuarvo, modulaation analyysiä ja bittivirhetietoja. Jos Test Mode A tai B on valittuna GPRS-mittauksessa, silloin power vs time, frequency error ja phase error (rms ja peak) ja output spectrum voidaan mitata kuten GSM:ssä. Täysi lista fundamental-valikosta löytyy liitteestä 1. (MT8820A Radio Communication Analyzer 2006.)

Taulukosta 3 nähdään lista suoritettavista mittauksista

Taulukko 3. Fundamental-mittaukset

Fundamental-mittaukset	Selitys
Power Measurements	Tehomittaukset. Minimi, maksimi sekä keskiarvo teholle.
Power vs Time	Teho kuudelta purskeen eri nousevalta/laskevalta rajalta.
Template	Aaltomuodon tarkastelu raja-arvojen perusteella.
Modulation Analysis	Modulaation tietoja, kanta-aallon taajuusvirhe, virhevektorivoimakkuus (EVM), huippu arvo vaihevirheelle.
ORFS Modulation	Output RF Spectrum. Spektri moduloidun purskesignaalin keskeltä.
ORFS Switching	Output RF Spectrum. Spektri moduloidun purskesignaalin nousevalta ja laskevalta reunalta.
Bit Error Rate	Radiolinkin ylälinkiltä laskettu bittivirhe.

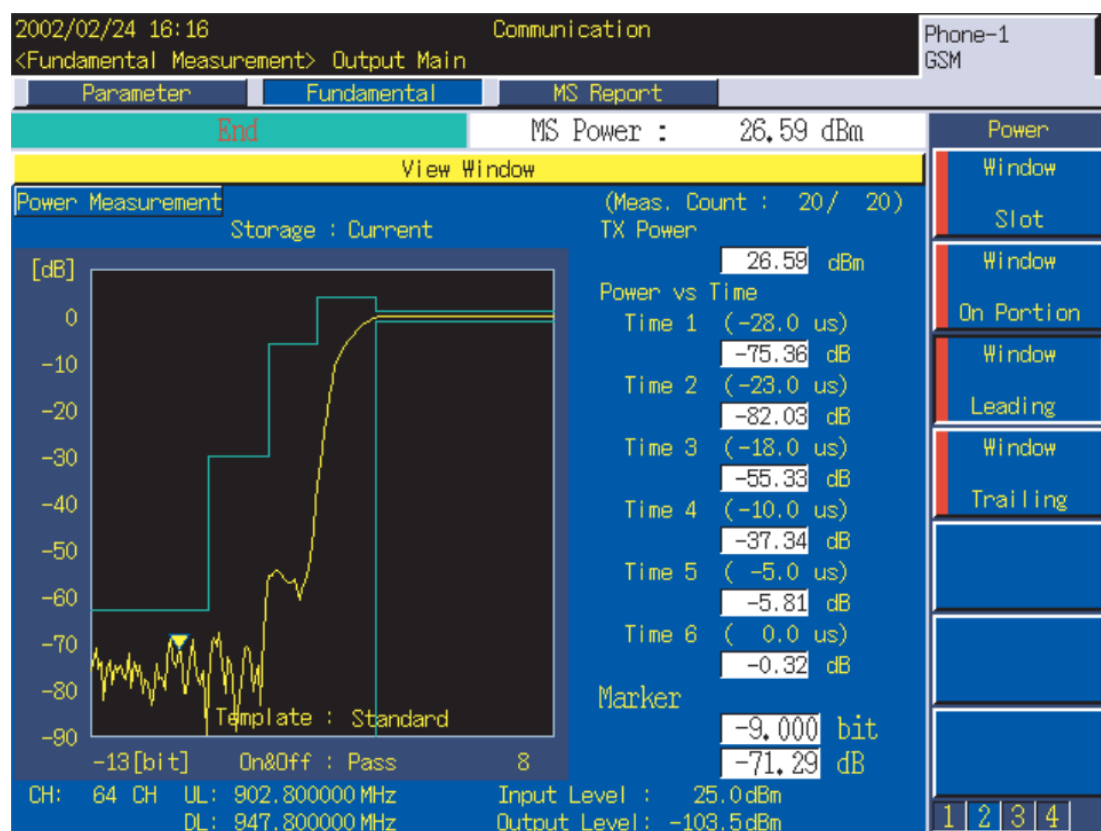
GSM-päätteitä ohjatessa takaisinkytkentä-tilassa, silloin GSM-pääte ohjataan syöttämään takaisin vastaanottamansa signaali, jolloin analysaattori pääsee demoduloimaan sen ja voidaan signaalin muutoksesta voidaan laskea Frame Error Rate, Bit Error Rate ja Residual Bit Error Rate. Fast BER-tila tekee mahdolliseksi nopean BER-mittauksen vastaavalle GSM-pääteluokalle ja koodausmenetelmälle. (MT8820A Radio Communication Analyzer 2006.)

Myös E-GPRS-tilassa voidaan päätelaite ohjata takaisinkytkentä-tilaan, jolloin voidaan suorittaa bittivirhemittaukset. GSM-Operaatiotilassa tai "Serving Cell GSM"-tilassa tukiasema tukee vain GSM:ää. (mt.)

Fundamental-valikon kautta voidaan myös katsella aaltomuotoa graafisesti.

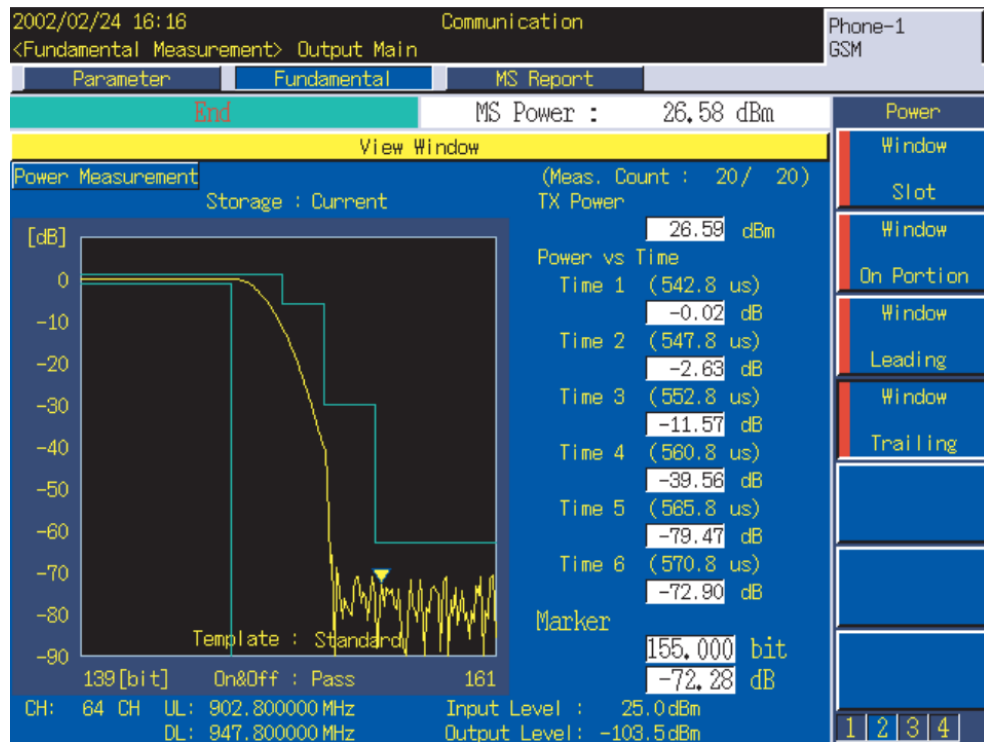
Aaltomuodosta voidaan katsoa, että pysyykö se GSM-standardien rajojen mukaisina.

Aaltomuotoa voidaan katsella nousevalta, laskevalta reunalta, koko aikajaksolta tai joltain tietyltä aikaosuudelta, kuten kuvioissa 13, 14, 15 ja 16 nähdään.



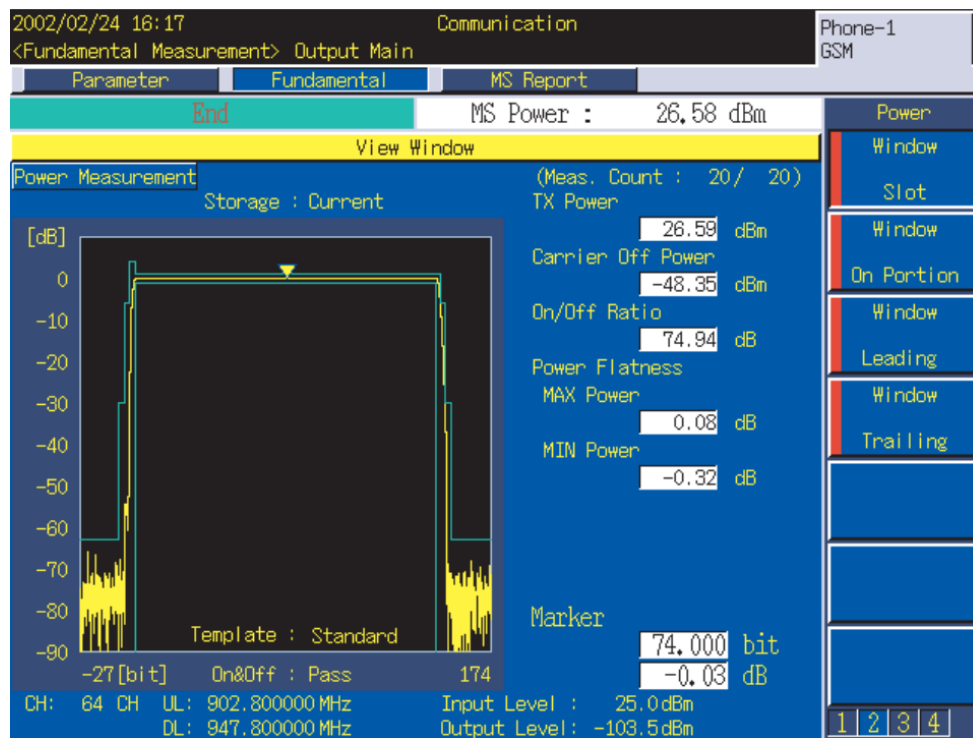
Kuvio 13. Purskeaaltomuoto nousevalta reunalta.

(MX882001A GSM Measurement Software 2006.)



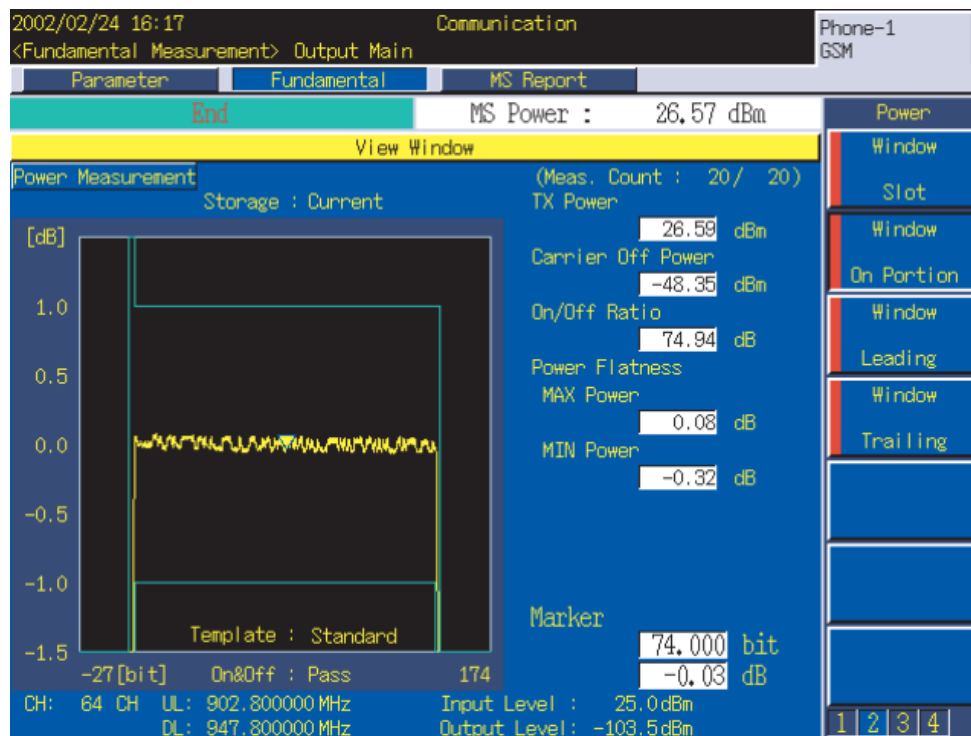
Kuvio 14. Aaltomuoto laskevalta reunalta.

(MX882001A GSM Measurement Software 2006.)



Kuvio 15. Aaltomuoto koko aikajaksolta

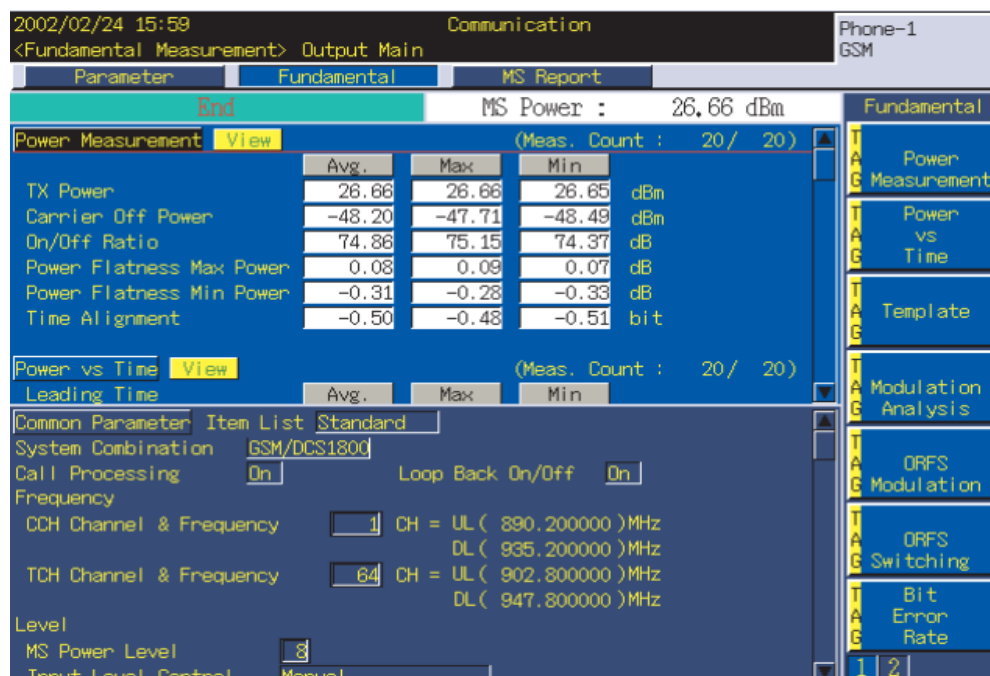
(MX882001A GSM Measurement Software 2006.)



Kuvio 16. Aaltomuoto tietyltä aikaosuudelta.

(MX882001A GSM Measurement Software 2006.)

Kuviossa 17. Nähdään Fundamentals-valikko. Mittaukset listattuna kuvassa oikeassa kulmassa.

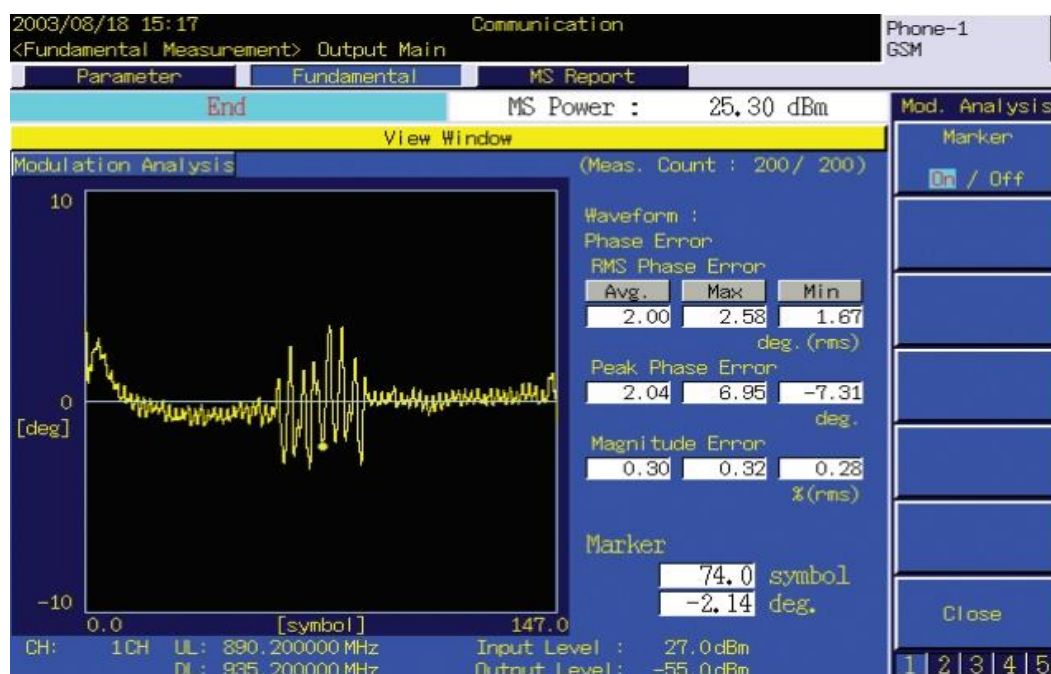


Kuvio 17. GSM Fundamental –valikko

(MX882001A GSM Measurement Software 2006.)

Taajuusmittaus, taajuusvirhe, vaihevirhe ja huippuvaihearvo ovat mitattavissa samanaikaisesti. Amplitudivirhe purskeen alueelta voidaan myös mitata..
(MX882001A GSM Measurement Software 2006.)

Kuviossa 18 on Modulation Analysis -näkymä.

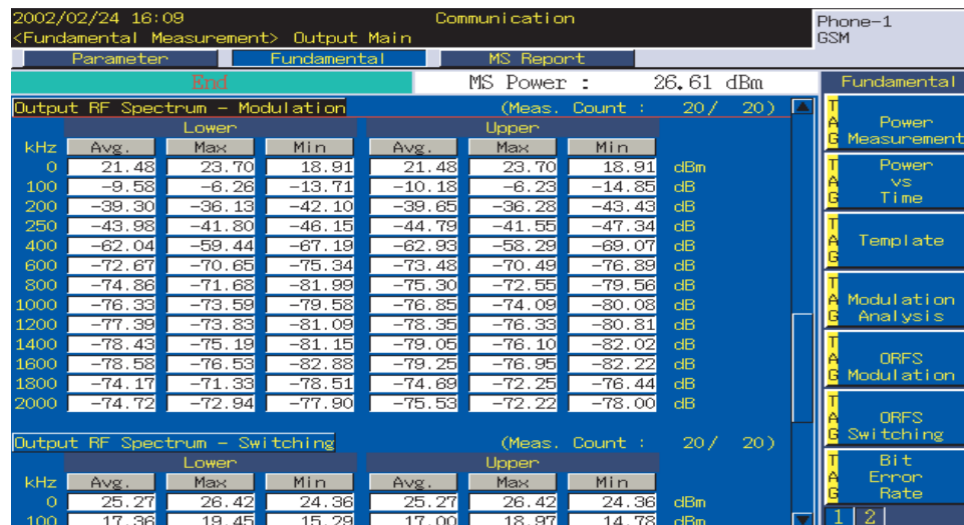


Kuvio 18. Modulaatioanalyysia

(MX882001A GSM Measurement Software 2006.)

Tehospektri mitataan 25 taajuuspisteestä, jotka ovat ± 2 MHz kantataajuudesta. Mitattava "Modulation" kuvaa siis spektriä, joka on modulaatiosignaalin keskiosasta. "Switching" kuvaa spektriä joka koostuu signaalin nousevalta ja laskevalta rajalta.
(MX882001A GSM Measurement Software 2006.)

Kuviossa 19 on Fundamental-valikon tehospektrimittauksen näkymä.



Kuvio 19. "Modulation" ja "Switching" -mittaukset Fundamental-valikossa

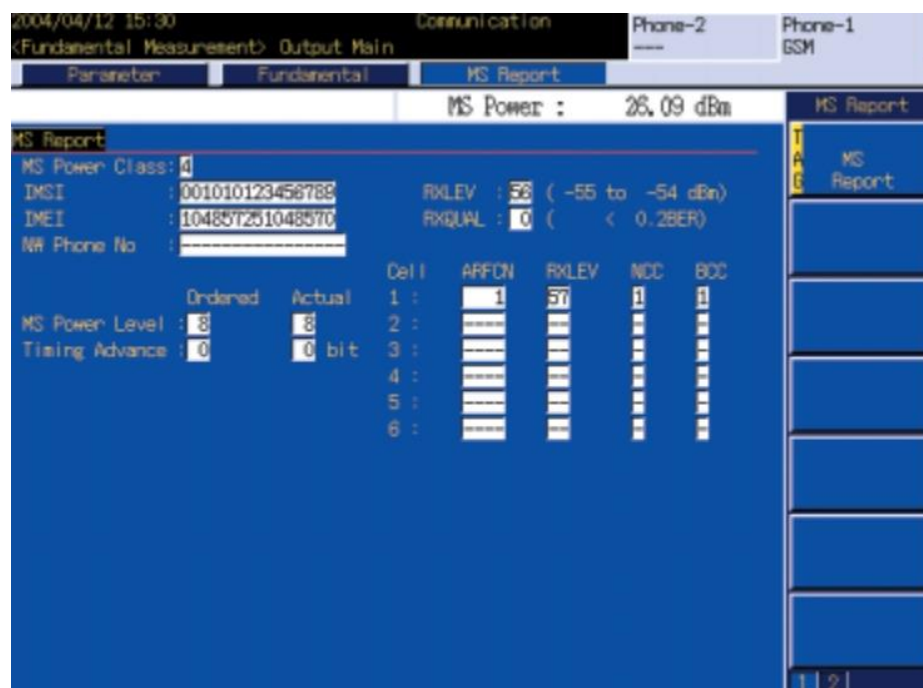
(MX882001A GSM Measurement Software 2006.)

3.2.3 MS Report -valikko

MS Report-valikosta nähdään puhelimen ilmoittamat signaaliin liittyvät arvot.

Liitteestä 5 löytyy selitykset MS Report-valikon mittauksille.

Kuviossa 20 nähdään MS Report -valikko.



Kuvio 20. MS Report -valikko.

(MT8820A Radio Communication Analyzer 2006.)

3.3 Keysight Technologies

3.3.1 Historia

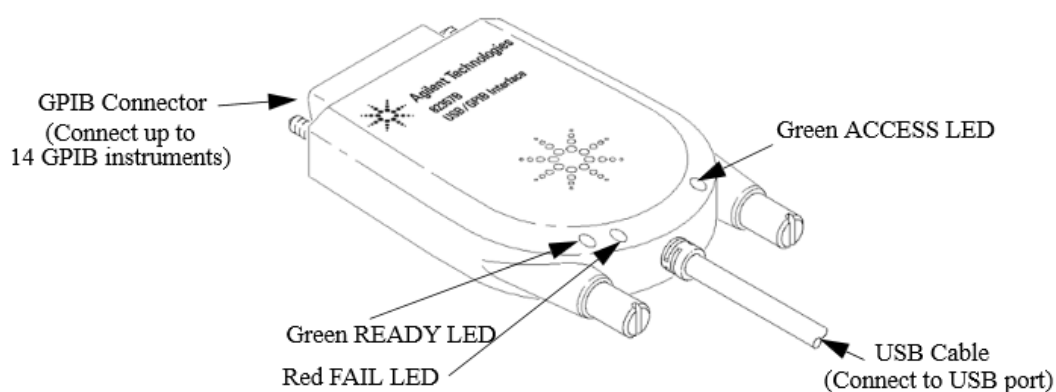
Keysight Technologies on Amerikkalainen yritys, joka tuottaa mittauslaitteita.

Vuonna 1999 Hewlett-Packard irtautti kaiken teknologian, jotka eivät liittyneet tietokoneisiin erilliseen yritykseen ja siitä tuli Agilent. Vuonna 2013 Agilent irtautti elektroniset mittalaitteet erilliseen Keysight Technologies-yritykseen. (Company timeline 2009.)

3.3.2 82357B USB/GPIB Interface USB 2.0 -sovitin

Agilent 82357B-sovitin tuottaa suoran rajapintayhteyden tietokoneen USB-portista GPIB-instrumenttiin. Sovittimessa on integroitu USB-kaapeli joka noudattaa USB 2.0 standardia. (Agilent 82357B USB/GPIB Interface 2014.)

Kuviossa 21. nähdään sovittimen LED-värimerkitykset



Kuvio 21. 82357B USB/GPIB Interface USB 2.0

(Agilent 82357B USB/GPIB Interface 2014)

Sovitin ilmaisee ledien avulla laitteen ja yhteyden tilat. Sovittimessa on ledejä ilmaisemaan seuraavia tiloja: READY (vihreä), FAIL (punainen) ja ACCESS (vihreä).

Näiden kombinaatioilla ilmaistaan ongelmia mm. sovittimen virrassa tai isäntäkoneen ajurien kanssa. (Agilent 82357B USB/GPIB Interface 2014)

Agilent GPIB-USB-sovitin luo rajapinnan, jonka avulla voidaan lähettää komentoja sekä lukea mittaustuloksia analysaattorilta. (Agilent 82357B USB/GPIB Interface 2014.)

Kuviossa 22 ilmaistaan kaikki sovittimen tilat.

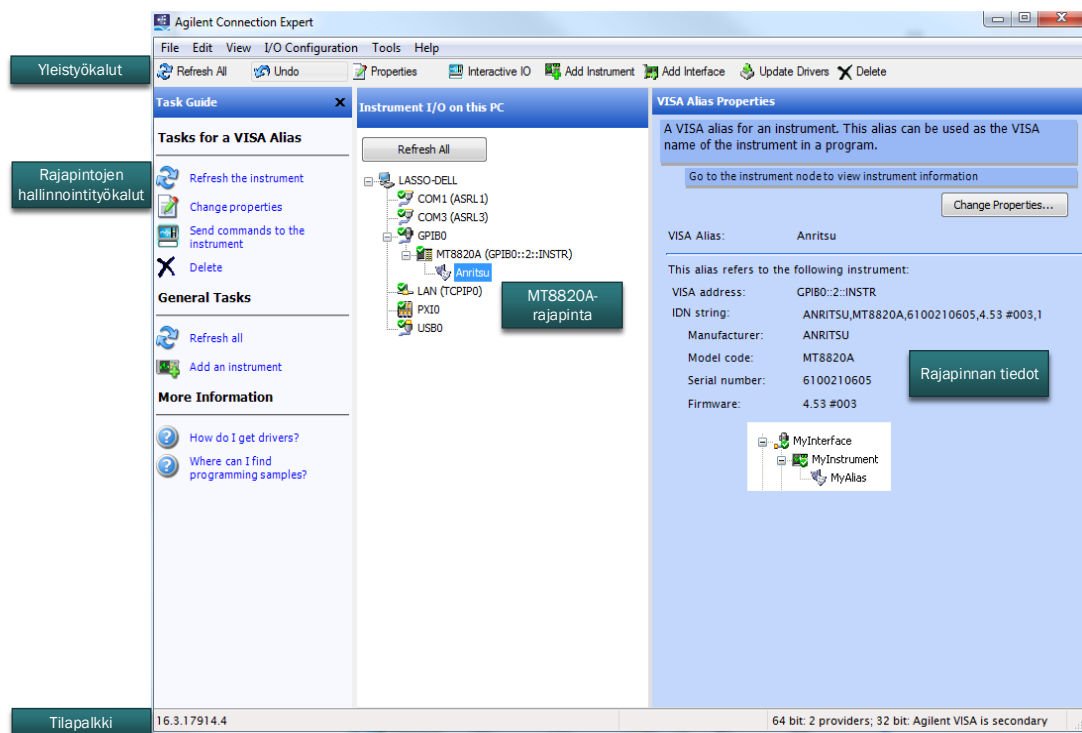
	State	Description	LED States		
			READY (Green)	FAIL (Red)	ACCESS (Green)
1	82357B Connected, No Power	82357B is connected to a USB port on the PC or on a USB hub, but no power is applied to the 82357B.	○	○	○
2	82357B Connected, Power Applied	Power is applied to the 82357B from the USB port, but startup firmware not yet downloaded.	○	●	○
3	82357B Installed but not Configured	Host computer has downloaded startup firmware to the 82357B. The 82357B has been installed but not yet configured	●	●	●
4	Normal Operation, Idle State	82357B has been configured for operation with the Agilent IO Libraries.	●	○	○
5	Normal Operation, GPIB Transfers	The ACCESS LED is ON for any GPIB transfers.	●	○	○
			○ LED OFF	● LED ON	○ Intermittent

Kuvio 22. Adapterin tilaselitykset

(Agilent 82357B USB/GPIB Interface 2014)

Kaikki tarvittavat ajurit tulivat "IO Libraries Suite 16.3 Update 2"-ohjelmiston mukana. Ohjelmisto löytyy keysight.com sivustolta. Ohjelmiston mukana tuli sovittimen käyttöön tarvittava "Agilent Connection Expert"-hallinnointityökalu, jolla myös hallitaan rajapintoja. Ohjelmisto tunnistaa instrumentteja seuraavien porttien kautta: LAN, PXI, USB ja GPIB RS-232. Ohjelma tunnistaa myös VXI-instrumentit firewire- tai GPIB-porttien kautta. Kaikki havaitut rajapinnat ja instrumentit löytyvät "Agilent Connection Expert"-ohjelman "Rajapinnat"-paneelin alta. (Agilent IO Libraries Suite 16.2 2012.)

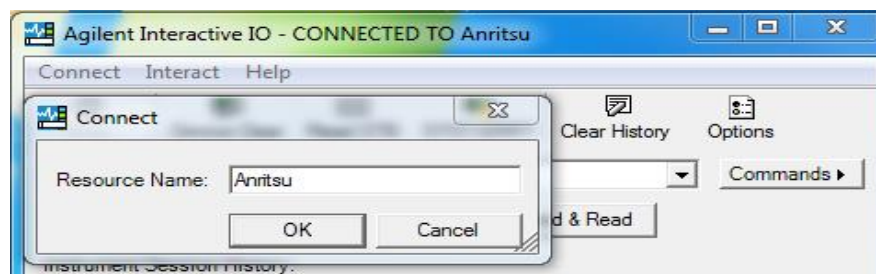
Kuviossa 23 nähdään ”Agilent Connection Expert”-hallinnointityökalu.



Kuvio 23. ”Agilent Connection Expert”-hallinnointityökalu.

Kuviossa 24 nähdään komentojen lähettäminen ja mittauksien lukemiseen tarkoitettu ”Agilent Interactive IO” -ohjelma. Ohjelmalla yhdistetään ”Agilent Connection Expert”-hallinnointiohjelmassa nähtävään rajapintaan. Rajapinnoille voidaan luoda ”alias”-nimiä helpottamaan rajapintojen käsittelyä. Luotiin ”Anritsu” alias-nimi GPIB0::2::INSTR-rajapinnalle. MT8820A-analyysaattoriin yhdistäessä resurssinimi olisi ”GPIB0::2::INSTR” tai ”Anritsu”.

Kuviossa 24 nähdään ”Agilent Interactive IO”-ohjelmisto ja ”Connect”-valikko.



Kuvio 24. MT8820A-analyysaattoriin yhdistäminen

4 Pohdinta

4.1 Johtopäätökset

Lähtötilanteessa MT8820A-analysaattoria ei käytetty millään kurssilla, joten olemassa ei ollut siis minkäänlaista dokumentaatiota tai kokemusta laitteen käytöstä. Työn tuotoksien ansiosta analysaattoria voitaisiin hyödyntää GSM-perusteiden opetukseen. Luoduissa harjoituksissa pitää pohtia GSM-tehonsäätöä ja ymmärtää miksi tehonsäätöä tarvitaan sekä ymmärtää minkälaisia bittivirheitä tapahtuu. Laboratorioharjoituksissa siis pohditaan havaintojen merkitystä ja pitää selittää teoriaa havaitun ilmentymän taustalla.

Laboratoriotöiden suunnittelussa piti pohtia miten tehdä kurssin kannalta oleellisia harjoituksia. Laboratoriotyöt eivät saaneet olla liian haastavia, eivätkä liian helppoja. Harjoitukset aloitetaan laitteen oletusasetuksilta, jotta edellisten suorittajien asettamat asetukset eivät vaikuta. Mittauksia suorittaessa tulokset muuttuvat radikaalisti puhelimen sijainnin muutoksen seurauksena. Puhelinta ei saa aina täsmälleen samaan kohtaan, niin oppilaiden mittauksien arvot tulevat olemaan vaihtelevia ja tämä piti ottaa huomioon tehdessä harjoitustöiden vastausversioita.

Työ oli haasteellinen, koska aihe-alue ei ollut tuttua. Tutkimustyötä vaikeutti, että kyseisen laitteen valmistus on lopetettu. Manuaaleista saattoi puuttua oleellisia tietoja. GSM-parametrien selitykset olivat vaikeita löytää ja siihen kului runsaasti aikaa. GSM-tekniikkaa tutkiessa pitää lukea standardeja perusteellisesti.

4.2 Jatkokehitysmahdollisuudet

Olisi mahdollista tehdä laboratoriotöitä, joissa tutkittaisiin W-CDMA-radorajapinnan eri toimintoja. W-CDMA-radorajapinnan "Open Loop Power Control"-, "Close Loop Power Control"-tehonsäätöjä voitaisiin tarkastella. Puhelunsiirtoa W-CDMA:sta GSM:ään voitaisiin esitellä ja pohtia kyseisen toiminnon tärkeyttä. Voituaisiin verrata 3G- ja GSM-järjestelmien eroja ja järjestelmien heikkouksia sekä vahvuuksia. Lab-VIEW-ohjelmistoa voitaisiin käyttää automatisoimaan mittauksia.

Lähteet

Agilent IO Libraries Suite 16.2. 2012. Keysight Technologies verkkosivut. Viitattu 21.10.2014.

http://www.keysight.com/upload/cmc_upload/All/IO_Libraries_Quick_Start_Guide_16_2.pdf?&cc=FI&lc=fin

Agilent 82357B USB/GPIB Interface. 2014. Agilent Technologies. Viitattu 23.10.2014.
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/82357-90003.pdf>

Alwan, N. Periodic Location Update. 2014. Viitattu 8.12.2014.
<http://www.telecomcubic.com/2014/03/09/periodic-location-update/>

Amk.fi. 2007. Case-tutkimus. Viitattu 9.10.2014.
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/0709019/1193463890749/1193464144782/1194348546586/1194356433452.html>

Bit Error Measurement. 2009. Keysight Technologies verkkosivut. Viitattu 9.10.2014.
http://rfmw.em.keysight.com/rfcomms/refdocs/gsm/meas_ber_desc.html

Characterizing RF Losses between GSM Phones and Test Equipment. 2007. Viitattu 7.12.2014.
<http://www.anritsu.com/en-US/Downloads/Technical-Notes/White-Paper/DWL2847.aspx>

Configuring the Traffic Channel (TCH) Parameters. 2009. Keysight Technologies. Viitattu 9.10.2014.
http://rfmw.em.keysight.com/rfcomms/refdocs/gsm/gen_bse_tch.html

Connection Types. 2008. Keysight Technologies. Viitattu 25.11.2014.
http://rfmw.em.keysight.com/rfcomms/refdocs/gsm/gen_bse_connection_types.html

Company Info. 2009. Agilent Technologies verkkosivut. Viitattu 21.10.2014.
<http://www.agilent.com/about/companyinfo/>

Company timeline. 2009. Agilent Technologies verkkosivuilta. Viitattu 21.10.2014.
http://www.agilent.com/about/companyinfo/history/timeline_1999.html

Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio subsystem link control. 1996. Viitattu 25.11.2014.
http://www.etsi.org/deliver/etsi_gts/05/0508/05.01.00_60/gsmts_0508v050100p.pdf

Discontinuous Transmission. 2008. Viitattu 8.12.2014.
http://rfmw.em.keysight.com/rfcomms/refdocs/gsm/gprsla_gen_bse_dtx.html

Global System for Mobile Communication (GSM). 2003. The International Engineering Consortiumin PDF. Viitattu 9.10.2014.

<http://www.uky.edu/~jclark/mas355/GSM.PDF>

GPIB Messages. 2006 National Instruments verkkosivut. Viitattu 9.10.2014.

<http://www.ni.com/white-paper/3389/en/>

Halonen, T., Romero, J. & Melero, J. 2003. GSM, GPRS and EDGE Performance. Wiley, J © 2003. Google Books. Viitattu 18.11.2014.

<http://books.google.fi/books?id=cgAroFIOyZIC&dq&sa=X&ei=JmleVOK-G8jDOYy8gdAB&ved=0CB8Q6AewAA>

Listening to MS Paging Blocks. 2003. Viitattu 25.11.2014.

<http://etutorials.org/Mobile+devices/gprs+mobile+internet/Chapter+5+Radio+Interface+RLC+MAC+Layer/Listening+to+MS+Paging+Blocks/>

MT8820A Radio Communication Analyzer. 2006. Anritsun sivuilla oleva PDF. Viitattu 21.10.2014.

<http://www.anritsu.com/en-US/Downloads/Brochures-Datasheets-and-Catalogs/Brochure/DWL2584.aspx>

MX269013A GSM/EDGE Measurement Software Operation Manual Operation. 2012. Anritsu verkkosivuilta. Viitattu 8.12.2014.

<http://www.anritsu.com/en-GB/Downloads/Manuals/Operations-Manual/DWL9373.aspx>

MX882001A GSM Measurement Software. 2006. Viitattu 18.11.2014.

<http://www.anritsu.com/en-US/Downloads/Brochures-Datasheets-and-Catalogs/Brochure/DWL2586.aspx>

Parameter Timing Advance (TA). 2011. Viitattu 8.12.2014.

<http://www.telecomhall.com/parameter-timing-advance-ta.aspx>

Penttinen, J. 1999. GSM-tekniikka, Järjestelmän toiminta, palvelut ja suunnittelu. WSOY.

Poole, I. 2014a. What is PSK, Phase Shift Keying. Viitattu 9.10.2014.

<http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/pm-phase-modulation/what-is-psk-phase-shift-keying-tutorial.php>

Poole, I. 2014b. GPIB / IEEE 488 Tutorial. Viitattu 9.10.2014.

http://www.radio-electronics.com/info/t_and_m/gpib/ieee488-basics-tutorial.php

Poole, I. 2014c. What is GMSK Modulation - Gaussian Minimum Shift Keying. Viitattu 9.10.2014.

<http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/pm-phase-modulation/what-is-gmsk-gaussian-minimum-shift-keying-tutorial.php>

QPSK and 16 QAM Digital Modulation. 2001. Cisco Systems presentaatio. Viitattu 4.5.2014.

http://www.cascaderange.org/presentations/QPSK_and_16-QAM_Digital_Modulation.pdf

Resolution Bandwidth (RBW). 2014. National Instruments-sivuilta. Viitattu 25.11.2014.

<http://www.ni.com/white-paper/3983/en/>

Radio Communication Analyzer MT8820A Features. 2009. Anritsu verkkosivut. Viitattu 4.5.2014.

<http://www.anritsu.com/en-US/Products-Solutions/Products/MT8820A.aspx>

Radio Communications System, Base Station Apparatus And Method Of Transmission Power Control. 2008. Viitattu 7.12.2014.

<http://www.google.com/patents/US20080102875>

Selvam, K. Gsm signaling. 2012. Presentaatio GSM-signaloinnista. Viitattu 9.10.2014.

<http://www.slideshare.net/KannanSelvam1/gsm-signaling>

Testing loops for channel codecs. 2007. Viitattu 25.11.2014.

<http://www.google.com/patents/US7227888>

TS 144 060 - V6.12.0. 2005. ETSI-standardi. Viitattu 25.11.2014.

https://archive.org/details/etsi_ts_144_060_v06.12.00

Tutustu ja menesty. 2014. Jyväskylän Amattikorkeakoulu. Viitattu 17.11.2014.

<http://www.jamk.fi/fi/Tietoa-JAMKista/Tutustu-JAMKiin/>

Understanding GSM/EDGE Transmitter and Receiver Measurements for Base Transceiver Stations and their Components. 2002. Agilent Technologies verkkosivujen kirjallisuutta. Viitattu 23.9.2014.

<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5968-2320E.pdf>

Uplink State Flag. 2008. Keysight Technologies verkkosivut. Viitattu 10.11.2014.

http://rfmw.em.keysight.com/rfcomms/refdocs/gsm/gprsla_usf_bler.html

Using the Dynamic Power Measurement to Measure Mobile Station Power Control Levels When Using SACCH TX Level Signaling. 2001. Viitattu 25.11.2014.

<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5988-4002EN.pdf>

Liitteet

Liite 1. Fundamental -valikko

Seuraavassa taulukossa on kuvattu MT8820A-analysaattorin Fundamental-valikko

Power Measurement	Avg	Min	Max	
TX Power	*	*	*	dBm
Carrier Off Power	*	*	*	dBm
On/Off Ratio	*	*	*	dB
Power Flatness Max Power	*	*	*	dB
Power Flatness Min Power	*	*	*	dB
Time Alignment	*	*	*	bit

Power vs Time	Avg	Min	Max	
Leading Time:				
Time 1 (-28.0us)	*	*	*	
Time 2 (-23.0us)	*	*	*	
Time 3 (-18.0us)	*	*	*	
Time 4 (-10.0us)	*	*	*	
Time 5 (-5.0us)	*	*	*	
Time 6 (0.0us)	*	*	*	
Time 1 (542.8us)	*	*	*	
Time 2 (547.8us)	*	*	*	
Time 3 (552.8us)	*	*	*	
Time 4 (560.8us)	*	*	*	
Time 5 (565.8us)	*	*	*	
Time 6 (570.8us)	*	*	*	

Template	Avg	Min	Max	
	*	*	*	

Modulation Analysis				
Carrier Frequency	*			MhZ
	Avg	Min	Max	
Carrier Frequency Error	*	*	*	kHz
	*	*	*	ppm
RMS Phase Error	*	*	*	deg. (rms)
Peak Phase Error	*	*	*	deg.

Magnitude Error	*	*	*	%(rms)
-----------------	---	---	---	--------

Output RF Spectrum Modulation							
	Lower			Upper			
KhZ	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	
0	*	*	*	*	*	*	dBm
100	*	*	*	*	*	*	dB
200	*	*	*	*	*	*	dB
250	*	*	*	*	*	*	dB
400	*	*	*	*	*	*	dB
600	*	*	*	*	*	*	dB
800	*	*	*	*	*	*	dB
1000	*	*	*	*	*	*	dB
1200	*	*	*	*	*	*	dB
1400	*	*	*	*	*	*	dB
1600	*	*	*	*	*	*	dB
1800	*	*	*	*	*	*	dB
2000	*	*	*	*	*	*	dB

Output RF Spectrum Switching							
	Lower			Upper			
KhZ	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	
0	*	*	*	*	*	*	dBm
100	*	*	*	*	*	*	dB
200	*	*	*	*	*	*	dB
250	*	*	*	*	*	*	dB
400	*	*	*	*	*	*	dB
600	*	*	*	*	*	*	dB
800	*	*	*	*	*	*	dB
1000	*	*	*	*	*	*	dB
1200	*	*	*	*	*	*	dB
1400	*	*	*	*	*	*	dB
1600	*	*	*	*	*	*	dB
1800	*	*	*	*	*	*	dB
2000	*	*	*	*	*	*	dB

Bit Error Rate	Ratio	Event	Receiver	Sample
FER	*%	*	*	500
CIB(RBER)	*%	*	*	66000
CII(RBER)	*%	*	*	39000
RXLEV	*	RXQUAL	*	

Liite 2. Parameter -valikko

Seuraavassa taulukossa on kuvattu MT8820A-analysaattorin Parameter-valikko

Common Parameter			
Operating mode		GSM	
		GPRS	
System Combination		GSM/DCS1800	
		GSM/DCS/1900	
Call Processing		On	
		Off	
Loop Back		On	
		Off	
Dynamic ARFCN Mapping		On	
		Off	
Frequency	Setting Mode	Channel Direct	
		Band and Channel	
	Frequency Hopping	On	
		Off	

CCH Channel & Frequency				
		Entry: (Min:1 to Max: 124)		
CH = UL (890.200000) MHz				
DL (935.200000) MHz				
		Band:		P-GSM
				E-GSM
				R-GSM
				GSM850
				GSM450
				GSM480
				T-GSM810
				GSM750
				DCS1800

TCH Channel & Frequency

CH = UL (890.200000) MHz			Entry (Min:1 to Max: 124)	
DL (935.200000) MHz				
		Band:		P-GSM
				E-GSM
				R-GSM
				GSM850
				GSM450
				GSM480
				T-GSM810
				GSM750
				DCS1800

Level				
MS Power Level			Entry (Min:0 to Max: 31)	
MS_TXPWER_MAX_CCH			Entry (Min:1 to Max: 31)	
Input Level Control			Power Control Level	
			Manual	
Reference			TCH	
			CCH	
Input Level			Entry dBm (Min:-30.0 to Max: 40.0)	
Output Level			Entry dBm (Min:-140.0 to Max: -10.0)	
		Output	On/Off	
		Level Continous	On/Off	
External Loss			On	
			Off	
			Common	
		Entries (Min:-55.00 to Max: 55.0)		
		Band 1	Band 2	Band 3
Main DL		Entry dB	Entry dB	Entry dB
Main UL		Entry dB	Entry dB	Entry dB
AUX		Entry dB	Entry dB	Entry dB

		External Loss Table (0)		
Output Level Correction		CCH		
		TCH		
Variable Slot DL level		On		
		Off		
	(Min:-30.0 to Max: 0.0)			
Slot0 Entry dB	Slot0 Entry dB	Slot0 Entry dB	Slot0 Entry dB	
Slot0 Entry dB	Slot0 Entry dB	Slot0 Entry dB	Slot0 Entry dB	

Signal			
	Measuring Object	MS-NB(GMSK)	
		RACH	
	Codec	FS	
		EFS	
		HS0	
		HS1	
		AFS	
		AHS0	
		AHS1	
	Net Bit Rate	n kbps	(Koodekin mukaan)
	TCH Slot	Entry (Min: 2 To Max:6)	
	TS	TSC0	
		TSC1	
		TSC2	
		TSC3	
		TSC4	
		TSC5	

		TSC6	
		TSC7	
	TCH Test Pattern	PN9	
		PN15	
		ALL0	
		ALL1	
		Fixed Pattern	
		Echo	
	Timing Advance	Entry (bit) (Min: 0 To Max: 63)	

Call Processing Parameter								
	Serving Cell	GSM						
		GPRS						
		EGPRS						
Network ID								
	NCC	Entry (Min: 0 To Max: 7)						
	BCC	Entry (Min: 0 To Max: 63)						
Location ID								
	MCC	Entry (Min: 0 To Max: 999)						
	MNC	Entry (Min: 0 To Max: 999)						
	LAC	Entry (Min: 0000 To Max: FFFF)						
	RAC	Entry (Min: 0 To Max: 31)						
Band Indicator		DCS1800						
		DCS1900						
Neighbour Cell Allocation								
(Min: -1 To Max: 1023)								
*	*	*	*	*	*	*	*	
*	*	*	*	*	*	*	*	

UTRAN Neighbour Cell Allocation			ARFCN (Min: -1 To Max: 16382)					
Cell	1	2	3	4	5	6	7	8
UARFCN	*	*	*	*	*	*	*	*
Scrambling Code	*	*	*	*	*	*	*	*
		On						
W-CDMA Signal In Idle Frame		Off						
Alerting Inter-RAT HandOver		On						
		Off						
BS-PA-MFRMS		Entry (Min: 0 To Max: 7)						
Page Mode		Normal						
		Extended						
		Paging Organization						
Handover Type		Intra Call						
		Inter Cell (Sync)						
Identity Request at Call Setup		Off						
		IMSI & IMEI						
		IMSI only						
Mobile Station ID		Fix						
		Auto						
Paging IMSI		Entry (Min: 0000000000000000 to Max: 9999999999999999)						
Call Drop		Off						
		On						
Auto Registration		Off						
		On						

DTX		Off						
		On						
TCH Test Loop Optimization		Off						
		On						
Periodic Location Update		Entry * 6min (Min: 0 to Max: 255)						
Global Power Control Parameter								
Alpha		Entry (Min 0.0 to Max: 1.0)						
T_AVG_W		Entry (Min 0.0 to Max: 25)						
T_AVG_T		Entry (Min 0.0 to Max: 25)						
Measurement Channel		BCCH						
		PDCH						
Network Control Mode		NC0						
		NC1						
		NC2						
number of PDUs for Test Mode		Entry (Min 0.0 to Max: 4095)						
TBF Release Cause of Test Mode		Normal						
		Abnormal						
Assignment Message at PCL Change		On						
Frequency Hopping								
Hopping Frequencies Table								
	Band	P-GSM						
		E-GSM						
		R-GSM						
		GSM850						
		DCS1800						

		DCS1900						
	ARFCNs	*	*	*	*	*	*	*
Entries: (Min:1 to Max: 124 (Off -1))		*	*	*	*	*	*	*
		*	*	*	*	*	*	*
		*	*	*	*	*	*	*

TX Measurement Parameter

Measurement Trigger		TS					
		Video					
Measurement Slot		Entry (Min: 0 to Max: 7)					
Bit Offset		0 bit					
		½ bit					
Timeout Length		Off	Entry n seconds (Min: 1 to Max 60)				
		On					
Power Measurement							
Leading				(Min -48.0 to Max 594.0)			
		Time1	Time2	Time3	Time4	Time5	Time6
		Entry	Entry	Entry	Entry	Entry	Entry
Trailing				(Min -48.0 to Max 594.0)			
		Time1	Time2	Time3	Time4	Time5	Time6
		Entry	Entry	Entry	Entry	Entry	Entry
Template		On					
		Off					
Additional Lowest Measurement Limit		On					

		Off					
Leading		Entry dBm (Min: -110.0 to Max. 10.0)					
Trailing		Entry dBm (Min: -110.0 to Max. 10.0)					
2nd Lowest		Entry dBm (Min: -110.0 to Max. 10.0)					
Output RF Spectrum							
RBW Fil- ter(Offset Fre- quency 1800kHz, 2000kHz)			100kHz				
			30kHz				

RX Measurement Parameter

Number of Sample		Entry (Min: 0 to Max. 99999999)	
FER/CRC		Entry (Min: 0 to Max. 99999999)	
CIB		Entry (Min: 0 to Max. 99999999)	
CII		Entry (Min: 0 to Max. 99999999)	
FAST		Entry (Min: 0 to Max. 99999999)	
FACCH FER		Entry (Min: 0 to Max. 99999999)	
BER(Ext. BER Input)		Entry (Min: 0 to Max. 99999999)	
Loop Back Type		A(FE)	
		B(NoFE)	
		C(FAST,Burst)	
		C(Fast,Speech)	

Confidence Measurement		On	
		Off	
Confidence Level		Entry % (Min: 99.5 to Max: 99.9)	
Test Requirement		Entry % (Min: 0.1 to Max: 10.0)	
Test Limit Factor		Entry (Min: 1.20 to Max 1.30)	
Input Data Polarity		Positive	
		Negative	
Input Data Clock		Rise	
		Fall	
Timeout Length		Entry Seconds (Min: 1 to Max: 10)	

Fundamental Measurement Parameter			
Measurement Mode		Normal	
		Fast	
Item		Meas	Meas. Count
Power Measurement		On	Entry (Min: 1 to Max: 10)
		Off	
Power vs Time		On	Entry (Min: 1 to Max: 10)
		Off	
Template		On	Entry (Min: 1 to Max: 10)
		Off	
Modulation Analysis		On	Entry (Min: 1 to Max: 10)
		Off	
Output RF Spectrum Modulation		On	Entry (Min: 1 to Max: 10)
		Off	
Output RF Spectrum		On	Entry (Min: 1 to Max: 10)
		Off	
Bit Error Rate		On	Entry (Min: 1 to Max: 10)
		Off	

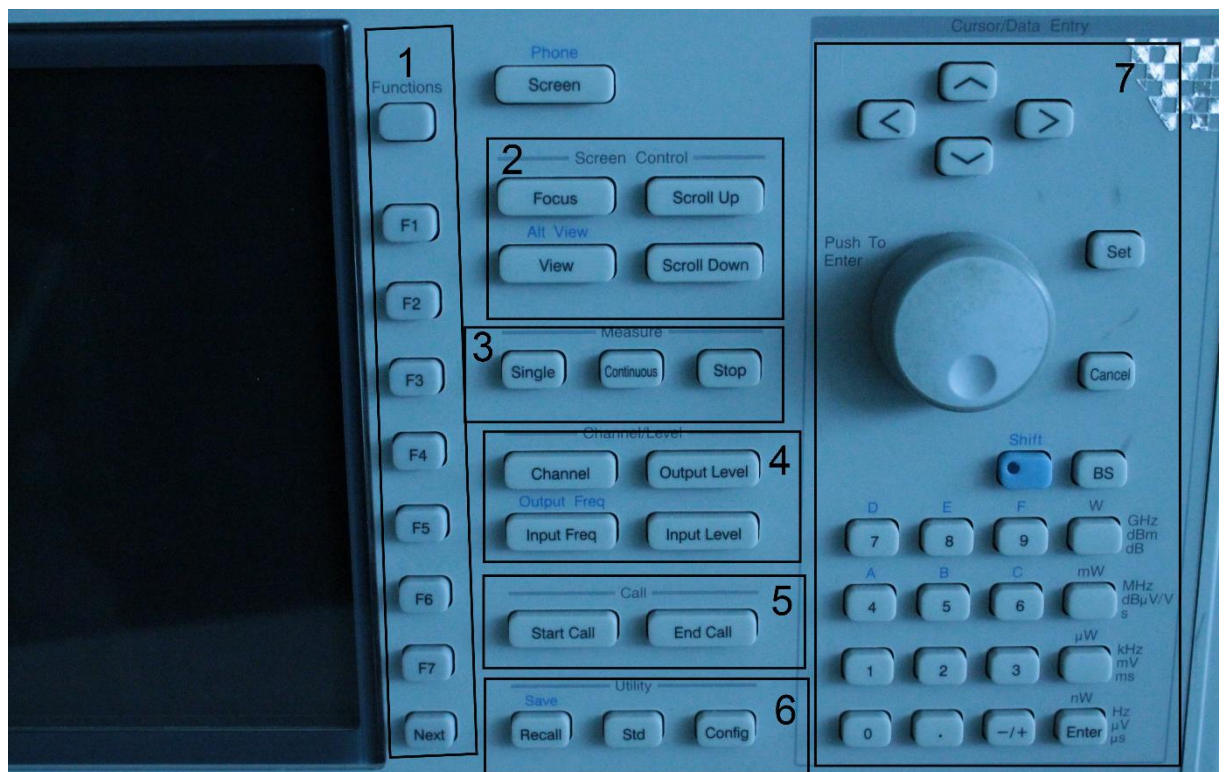
Liite 3. MS report -valikko

Seuraavassa taulukossa on kuvattu MT8820A-analysaattorin MS Report -valikko

GSM MS Report-valikko			
MS Power Class: GMSK		---	RXLEV
IMSI		---	RXQUAL --- (-- to -- BER)
IMEI		---	
NW Phone No		---	
		Ordered	Actual
MS Power Level:		15	-
Timing Advance		0	- bit
Cell ARFCN	RXLEV	NCC	BCC
1	*	*	*
2	*	*	*
3	*	*	*
4	*	*	*
5	*	*	*
6	*	*	*

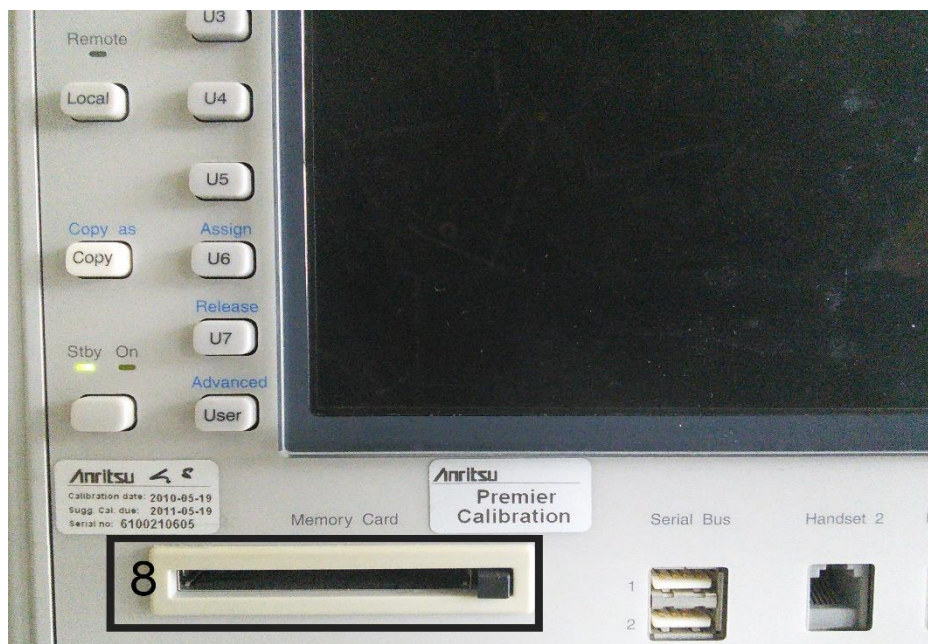
Liite 4. Etupaneelin selostus

1. Function: Suorittaa näytöllä olevia funktioita.
2. Screen Control: Vaihtaa aktiivista ikkunaa.
3. Measure: Single: ottaa yhden mittauksen
Continous: päivittää kokoajan mittaustuloksia näytöllä.
Stop: keskeyttää mittauksen.
4. Channel/Level: Hallitaan taajuutta ja lähtöjen dBm arvoja.
5. Call: Puhelun aloittaminen ja sammuttaminen.
6. Utility: Tallentaa ja lukee parametreit.
7. Cursor/Data Entry: Laitteen näppäimistö, asetetaan parametrejä.



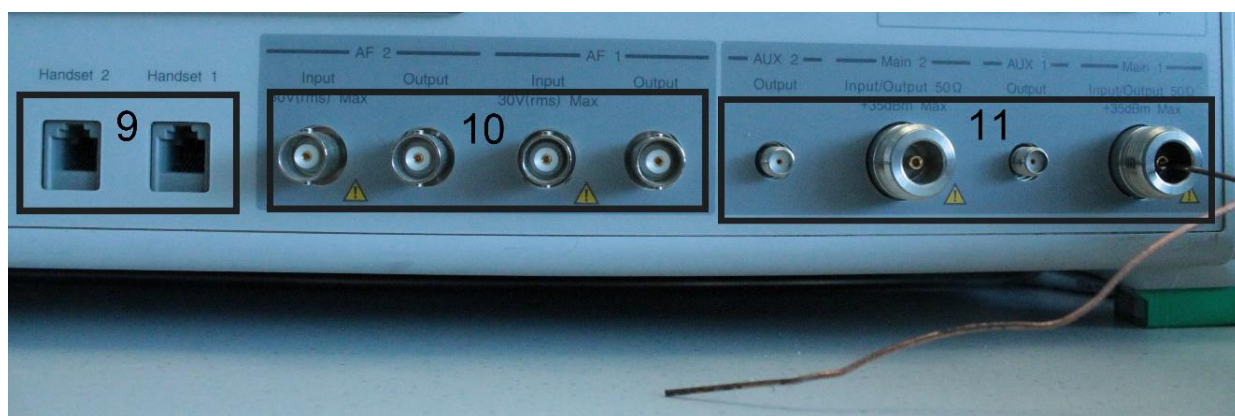
Kuvio 25. Etupaneelin oikea puoli

8. Memory Card: Muistipaikka Type II PCMCIA korteille. Käytetään tallentamaan/lukemaan mittaustietoja. Laite voidaan myös päivittää muistikortilta.



Kuvio 26. Etupaneelin vasen puoli

9. Handset 1/2: Luuri voidaan kytkeä RJ11 liittimeen. Päästä päähän mittauksia UE:n ja MT88220A:n välillä voidaan suorittaa.
10. AF 1/2: Liittimiä audio mittauksille.
11. Liittimiä RF-mittauksia varten: N ja SMA tyyppisiä liittimiä.



Kuvio 27. Etupaneelin liitännät

12.10Base T-1/2: Ulkopuoliseen datalähetykseen. Tarvitsee "External Packet Data" option olevan asennettu.



Kuvio 28. RJ45-liittimet tietoliikenteelle

Liite 5. MS Report –mittaukset

Taulukko 4. MS Report-mittaukset

Teholuokka (Power Class)	GSM:n käyttämät teholuokat UE:lle
Signaalin tehotaso (MS-Power Level)	BS:n käyttämä metodi UE:n tehonsäätöön
Signaalin vahvuus (RXLEV)	Arvo 0-63 väliltä. Yksi arvo vastaa jotain dBm arvoaluetta.
Vastaanottajan signaalin laatu (RXQUAL)	Arvo 0-7 väliltä. Yksi arvo vastaa jotain BER-arvoaluetta.
Puhelun kanava (ARFCN)	Radiokanavan uniikki numero. Arvoa käytetään laskemaan radiokanavan tarkka taajuus.
Verkon tarjoajan erittelevä arvo (NCC)	3-bittinen arvo.
Tukiaseman erittelevä arvo (BCC)	3-bittinen arvo.
GSM/UMTS verkon käyttäjän yksilöivä numerosarja (IMSI)	15 merkkinen numerosarja, joka on tallennettu puhelimen SIM-kortille.
Laitteen yksilöivä numerosarja (IMEI)	15 merkkinen numerosarja, jolla tunnistetaan matkapuhelin verkosta.
Puhelimen välimatkaa tukiasemasta kuvaava arvo (Timing Advance)	Arvo 0-63 väliltä. Yksi arvon väli kuvaa 550~metriä.